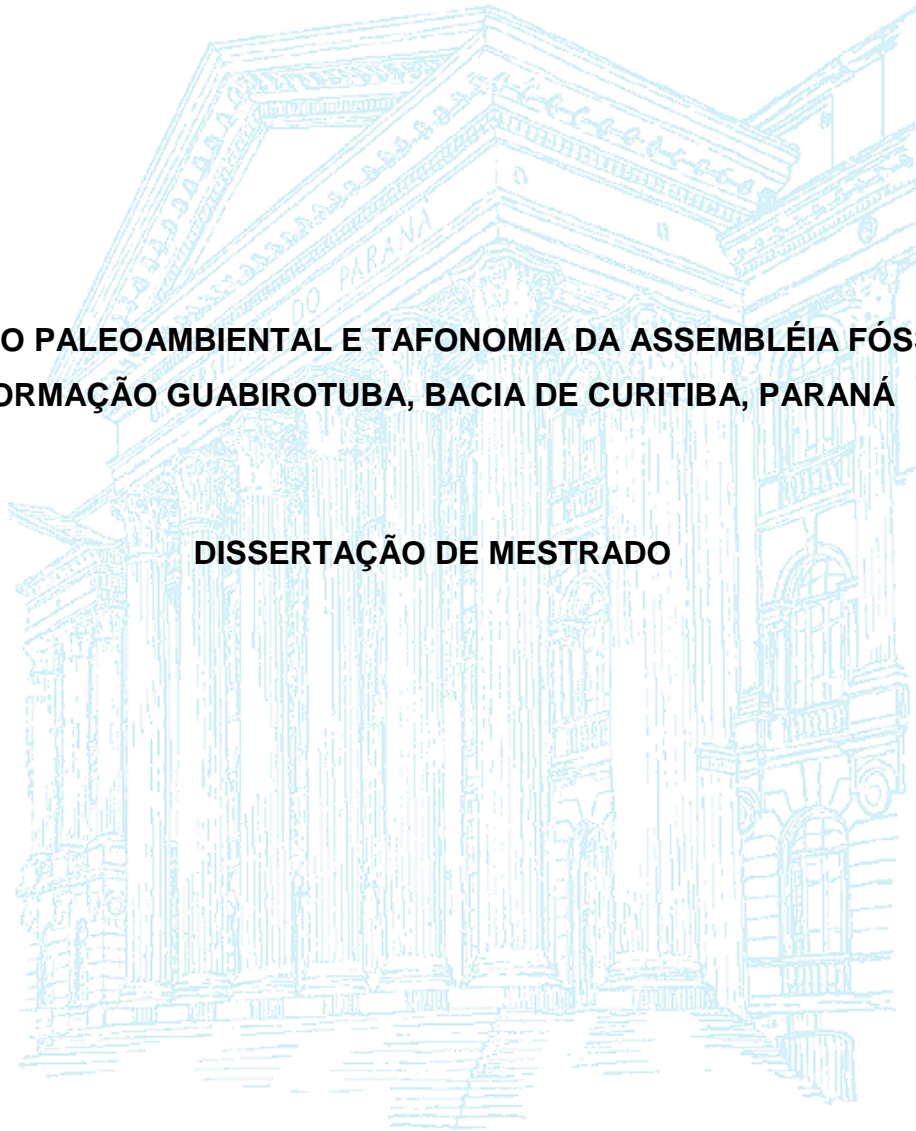


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**RENATA FLORIANO DA CUNHA**

**CONTEXTO PALEOAMBIENTAL E TAFONOMIA DA ASSEMBLÉIA FÓSSIL DA  
FORMAÇÃO GUABIROTUBA, BACIA DE CURITIBA, PARANÁ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**



**CURITIBA**  
**2016**

**RENATA FLORIANO DA CUNHA**

**CONTEXTO PALEOAMBIENTAL E TAFONOMIA DA ASSEMBLÉIA FÓSSIL DA  
FORMAÇÃO GUABIROTUBA, BACIA DE CURITIBA, PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geologia, Linha de Pesquisa Geologia Exploratória.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Fernandes  
Coorientador: Prof. Dr. Eliseu Vieira Dias

**CURITIBA  
2016**

Cunha, Renata Floriano da

Contexto paleoambiental e tafonomia da assembléia fóssil da  
Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, Paraná / Renata Floriano da  
Cunha. – Curitiba, 2016.

120 f. : il.; tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geologia.

Orientador: Luiz Alberto Fernandes

Coorientador: Eliseu Vieira Dias

Bibliografia: p. 44-57

1. Sedimentos (Geologia). 2. Paleogeografia . 3. Tafonomia. I.  
Fernandes, Luiz Alberto. II. Dias, Eliseu Vieira. III. Título.

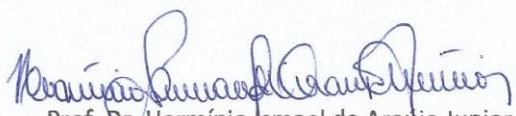
CDD 551

## TERMO DE APROVAÇÃO


### RENATA FLORIANO DA CUNHA

*“Contexto paleoambiental e tafonomia da  
assembleia fóssil da Formação Guabirotuba, Bacia  
de Curitiba, Paraná.”*

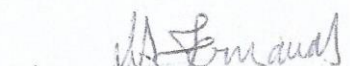
Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em  
Geologia, área de concentração em Geologia Exploratória, da  
Universidade Federal do Paraná. Comissão formada por:



Prof. Dr. Hermínio Ismael de Araújo Junior - UERJ



Profª. Drª. Cristina Silveira Vega - UFPR



Prof. Dr. Luiz Alberto Fernandes – UFPR  
Presidente

Curitiba, 30 de março de 2016.



Dedico este trabalho à memória  
do professor João José Bigarella.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores Luiz Alberto Fernandes e Eliseu Vieira Dias por acreditar na minha capacidade e pela paciência nesses meus primeiros (e trôpegos) passos como cientista. Agradeço principalmente pelo conhecimento compartilhado e pela amizade.

À CAPES, pelo apoio financeiro, à Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia e Programa de Pós Graduação em Geologia por me proporcionar a estrutura para o desenvolvimento de minha pesquisa.

Ao Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas – UFPR por ceder espaço para o desenvolvimento desta pesquisa e, em especial a Fernando Sedor pelo acesso ao material estudado e, principalmente, por todo o conhecimento compartilhado sobre absolutamente tudo, não só paleontológico, nesses mais de 10 anos de museu.

Aos amigos que apoiaram direta ou indiretamente o desenvolvimento deste trabalho, em especial Morgana Drehfal, Marcel Lacerda e David Dias da Silva, parceiros de museu e de Paleontologia.

Aos professores Dr. Hermínio Ismael de Araújo Júnior (UFRJ) e Dr<sup>a</sup>. Cristina Silveira Vega (UFPR) pelas preciosas sugestões na finalização deste trabalho.

Agradeço imensamente a minha família, principalmente meu pai Luiz Carlos Bastos Cunha e minha mãe Josemary Floriano da Cunha, pelo apoio incondicional, paciência e compreensão. Sem vocês eu certamente não chegaria aonde eu cheguei.

Um agradecimento mais que especial ao meu parceiro pra vida, Orestes Jarentchuk Junior. Seu companheirismo, paciência e amor foram fundamentais na finalização deste trabalho. Obrigada por tudo!

Agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

*“Então alguma coisa dos Tûk despertou no seu  
íntimo, e ele desejou ir ver as grandes  
montanhas, e ouvir os pinheiros e as cachoeiras,  
explorar as cavernas e usar uma espada ao invés  
de uma bengala.”*

*J. R. R. Tolkien, ‘O Hobbit’*

## RESUMO

A Bacia de Curitiba situa-se no segmento meridional do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil, na porção centro-sul do Primeiro Planalto Paranaense. O preenchimento por sedimentos cenozoicos referidos como Formação Guabirotuba caracteriza-se por depósitos de transição entre zonas proximais, intermediárias e distais de sistemas distributários fluviais, sob condições de clima semiárido com ocorrência de pluviosidade acentuada e concentrada. A fauna reportada na bacia é representada por icnofósseis de invertebrados, Gastropoda, Osteichthyes, Amphibia (Anura), Testudines (Pleurodira), Crocodylia (Sebecosuchia), Aves (Phorusrhacidae) e Mammalia (Meridiungulata, Metatheria e Xenarthra). Os fósseis provêm de um único afloramento no limite sudoeste do município de Curitiba com Araucária. O objetivo da pesquisa foi estabelecer a relação entre fósseis e contexto deposicional da Formação Guabirotuba onde ocorrem, mediante correlação com associações de fácies sedimentares, para compreender a gênese e preservação da concentração fossilífera. A integração destes dados auxiliou no reconhecimento de duas fases marcadas pela mudança no contexto deposicional e, como resultado, três modos tafonômicos puderam ser interpretados: (1) formas de leito arenosas em canais (2) barra arenosa de acresção a jusante e (3) depósitos de planície de inundação. A primeira fase é caracterizada pelo predomínio de rios entrelaçados em sistemas de distributários fluviais onde ocorrem os modos tafonômicos 1 e 2. Neste contexto, os fósseis eram incorporados aos grandes canais nas planícies entrelaçadas durante períodos de alta vazão ou em enxurradas. Partes associadas de organismos autóctones preservaram-se em barras estabilizadas, experimentando apenas remobilização *in loco*. A segunda fase compreende um sistema de planícies fluviais distais, dominado por rios efêmeros de baixa energia, e que compreende os modos tafonômicos 1 e 3. Neste cenário, enchentes esporádicas e consequente avulsão dos canais promoviam o retrabalhamento da planície e inundações laminares transportavam elementos de menor porte por curtas distâncias para baixios onde se acumulavam. Elementos mais robustos como crânios e mandíbulas permaneciam como depósitos residuais em canais. Todos os modos tafonômicos apresentam evidências de retrabalhamento, porém tal característica é mais acentuada nos depósitos de sistemas de planícies fluviais distais (fase 2). A fauna Guabirotuba pode ser classificada como parautóctone, em virtude do ambiente com características de transporte a curtas distâncias, em que os organismos foram transportados, porém sem sair do habitat original. Devido à presença de fósseis em todos os níveis estratigráficos e mistura de elementos com diferentes graus de preservação, propõe-se que a fauna local tenha experimentado eventos cíclicos de mortalidade, acumulando-se ao longo do tempo.

Palavras-Chave: Ambiente sedimentar, Paleogeografia, Bioestratinomia

## ABSTRACT

The Curitiba Basin is located in the southern segment of the Southeastern Brazil Cenozoic Rift System, in the south-central portion of the first Plateau of Paraná. Filling by Cenozoic sediments known as Guabirota Formation is characterized by transition deposits between proximal zones, intermediate and distal of a fluvial distributary system under semi-arid climatic conditions with occurrence of pronounced and concentrated rainfall. The fauna reported in the basin is represented by trace fossils of invertebrates, Gastropoda, Osteichthyes, Amphibia (Anura), Testudines (Pleurodira) Crocodylia (Sebecosuchia), Birds (Phorusrhacidae) and Mammalia (Meridiungulata, Metatheria and Xenarthra). The fossils come from a single outcrop, located in the southwest boundary of the Curitiba and Araucaria municipalities. The research objective was to establish the relationship between fossils and depositional context of Guabirota Formation where they occur, by correlation with sedimentary facies associations, to understand the genesis and preservation of the fossil concentration. The integration of these data aided on the recognition of two stages characterized by a change in depositional environment and, as a result, three taphonomic modes could be interpreted: (1) sandy bedforms within channels, (2) sandy bar accretion downstream and (3) floodplain deposits. The first stage is characterized by the predominance of braided rivers in fluvial distributary systems where taphonomic modes 1 and 2 were identified. In this context, fossils were incorporated into large channels in the braided plains during high flow periods or flash floods. Associated bones of a same autochthonous organism were preserved in stabilized bars, experimenting only remobilization *in loco*. The second stage comprises a system of distal fluvial plains, dominated by ephemeral rivers of low energy, and consists of taphonomic modes 1 and 3. In this scenario, sporadic floods and consequent channel avulsion promoted reworking of the floodplain and laminar floods carried smaller elements for short distances to shallows, where they accumulated. More robust elements such as skulls and jaws remained as residual deposits in channels. All taphonomic modes show evidence of reworking, but this characteristic is more pronounced in deposits of distal floodplains systems (stage 2). The Guabirota fauna can be classified as parautochthonous, due to the environment characteristics at transport over short distance, where the organisms were transported but without leaving the original habitat. Due to the presence of fossil in all stratigraphic levels and mixing of elements with different degrees of preservation, it is proposed that the local fauna have experienced cyclic event of mortality and accumulate over time.

Keywords: Sedimentary Environment, Paleogeography, Biostratigraphy

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1: Mapa geológico com localização do sítio paleontológico estudado na Bacia de Curitiba. ....	10
Figura 2: Vista aérea da área de estudo com localização das seções de ocorrências fósseis. ....	13
Figura 3: Tipos de fraturas, apresentadas como exemplo em porções distais de um fêmur. ....	16
Figura 4: Progressão dos restos orgânicos por estágios distintos, desde a morte até sua descoberta final, com os processos intermediários atuando como filtros para a informação paleontológica, um paradigma da transição biosfera-litosfera. ....	21
Figura 5: Componentes da análise tafonômica de acumulações de vertebrados terrestres. ....	26
Figura 6: Zonas geomorfológicas em sistemas aluviais e fluviais. ....	29
Figura 7: Principais feições de formas de um rio entrelaçado. ....	30
Figura 8: Principais feições de um rio meandrante. ....	31
Figura 9: Modelo deposicional de sistema fluvial de canais anastomosados. ....	32
Figura 10: Modelo de sistema fluvial distributário, com associações de fácies características. ....	33
Figura 11: Evolução tectono-sedimentar da Bacia de Curitiba. ....	36
Figura 12: Bacia de Curitiba e lineamentos maiores. ....	37
Figura 13: Sistemas deposicionais da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba. ....	41

### CAPÍTULO II

Figura 1: Unidades litoestratigráficas para a Bacia de Curitiba. ....	63
Figura 2: Distribuição das associações de fácies no contexto do sistema de distributários fluviais da Bacia de Curitiba. ....	64
Figura 3: Localização do sítio paleontológico na Bacia de Curitiba. ....	66
Figura 4: Área de estudo com as associações de fácies das ocorrências fósseis ....	70

Figura 5: Seções transversais e colunares representativas de cada associação de fácies .....	74
Figura 6: Distribuição, de acordo com o elemento arquitetônico e porcentagem de graus de fragmentação em três elementos arquitetônicos.....	77
Figura 7: Distribuição de elementos anatômicos e respectivo grau de fragmentação .....	79
Figura 8: Abundância relativa de grau de abrasão, estados de intemperismo e tipos de fraturas, relativos a todos os fósseis da Formação Guabirotuba.....	80
Figura 9: Estado de meteorização, grau de abrasão e tipos de fraturas. ....	82
Figura 10: Fragmento de mandíbula mostrando estágio avançado de meteorização, dente de mamífero apresentando corrosão do esmalte e osso longo com preenchimento por sedimentos .....	83
Figura 11: Rizólitos e tramas de raízes .....	86
Figura 12: Hemimandíbula de mamífero em depósito de canal .....	87
Figura 13: Relação espacial entre associações de fácies definidas na área .....	92
Figura 14: Interpretação paleoambiental da localidade fossilífera da Formação Guabirotuba .....	94

## LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO I

Quadro 1: Fácies sedimentares identificadas na Formação Guabirotuba, segundo a classificação de Miall (1996) . ....	15
Quadro 2: Classes tafonômicas baseadas no grau de desarticulação dos restos esqueléticos .....	18
Quadro 3: Susceptibilidade de ossos de mamíferos ao transporte em canal hidráulico .....	19
Quadro 4: Modos de preservação de organismos em ambientes fluvial e deltaico ..	27
Quadro 5: Síntese de principais propostas estratigráficas, evolução climática e idades para a Bacia de Curitiba. ....	40
Quadro 6: Associações de fácies da Formação Guabirotuba .....	42

**CAPÍTULO II**

Quadro 1: Lista dos vertebrados fósseis da fauna da Formação Guabirota	68
Quadro 2: Classes tafonômicas baseadas no grau de desarticulação esquelética	69
Quadro 3: Síntese das associações de fácies e classes tafonômicas relacionadas	76



## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Fotomosaico e interpretação da seção GB-01 (associação de fácies 2)..	108
Anexo 2: Fotomosaico e interpretação da seção GB-02a (associação de fácies 2). .....	109
Anexo 3: Fotomosaico e interpretação da seção GB-02b (associação de fácies 2). .....	110
Anexo 4: Fotomosaico e interpretação da seção GB-03 (associação de fácies 2)..	111
Anexo 5: Fotomosaico e interpretação da seção GB-04 (associação de fácies 1)..	112
Anexo 6: Fotomosaico e interpretação da seção GB-05a (associação de fácies 4)	113
Anexo 7: Fotomosaico e interpretação da seção GB-05b (associação de fácies 4)	114
Anexo 8: Fotomosaico e interpretação da seção GB-06a (associação de fácies 4)	115
Anexo 9: Fotomosaico e interpretação da seção GB-06b (associação de fácies 4)	116
Anexo 10: Fotomosaico e interpretação da seção GB-06c (associação de fácies 4) .....	117
Anexo 11: Fotomosaico e interpretação da seção GB-07 (associação de fácies 3)	118
Anexo 12: Interpretação paleoambiental da localidade fossilífera da Formação Guabirota – Fase 1 .....	119
Anexo 13: Interpretação paleoambiental da localidade fossilífera da Formação Guabirota – Fase 2 .....	120

## SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
CAPÍTULO I .....	x
CAPÍTULO II .....	x
LISTA DE QUADROS .....	xi
CAPÍTULO I .....	xi
CAPÍTULO II .....	xii
LISTA DE ANEXOS .....	xiii
 <b>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....</b>	 <b>6</b>
 <b>CAPÍTULO I .....</b>	 <b>7</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL, REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO .....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	8
1.2 OBJETIVOS .....	9
1.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	10
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.2 LEVANTAMENTOS DE CAMPO .....	12
2.3 CLASSIFICAÇÃO DA ASSINATURA TAFONÔMICA .....	15
<b>3. REVISÃO CONCEITUAL .....</b>	<b>20</b>
3.1 TAFONOMIA DE VERTEBRADOS .....	20
3.1.1 Conceitos Básicos .....	20
3.1.2 Resolução Espacial e Temporal .....	23
3.1.3 Caracterização de Acumulações de Vertebrados .....	25
3.1.4 Tafonomia de vertebrados em ambientes fluviais .....	27

<b>3.2</b>	<b>DEPÓSITOS FLUVIAIS – MODELOS DEPOSICIONAIS .....</b>	<b>28</b>
3.3.1	Sistema Fluvial Entrelaçado .....	29
3.3.2	Sistema Fluvial Meandrante .....	30
3.3.3	Sistema Fluvial Anastomosado .....	31
3.3.4	Sistema Fluvial Distributário .....	32
<b>4.</b>	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO – PALEONTOLÓGICO DA BACIA DE CURITIBA .....</b>	<b>34</b>
4.1	BREVE HISTÓRICO DAS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES SOBRE O CONHECIMENTO DA BACIA DE CURITIBA.....	34
4.2	EVOLUÇÃO TECTÔNICA E EMBASAMENTO .....	35
4.3	ESTRATIGRAFIA.....	38
4.4	AMBIENTES DEPOSICIONAIS E PALEOAMBIENTE .....	41
4.5	REGISTRO PALEONTOLÓGICO .....	43
	REFERÊNCIAS.....	44
<b>CAPÍTULO II</b> .....		<b>58</b>
	<b>RESULTADOS: CONTEXTO PALEOAMBIENTAL E TAFONOMIA DA ASSEMBLEIA FÓSSIL DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA, BACIA DE CURITIBA, PARANÁ .....</b>	<b>58</b>
	RESUMO.....	58
	ABSTRACT .....	59
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>2.</b>	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO.....</b>	<b>61</b>
2.1.	ESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTE.....	61
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>65</b>
3.1.	PROCEDIMENTOS DE CAMPO .....	65
3.2.	ANÁLISE TAFONÔMICA .....	67

<b>4.</b>	<b>TAFONOMIA DE VERTEBRADOS E CONTEXTO DEPOSICIONAL .....</b>	<b>69</b>
<b>4.1.</b>	<b>CONTEXTO DEPOSICIONAL E DISTRIBUIÇÃO DOS FÓSSEIS.....</b>	<b>69</b>
4.1.1.	Associação de Fácies 1 .....	70
4.1.2.	Associação de Fácies 2 .....	71
4.1.3.	Associação de Fácies 3 .....	72
4.1.4.	Associação de Fácies 4 .....	75
<b>4.2.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO TAFONÔMICA DA ASSEMBLEIA FOSSIL DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA.....</b>	<b>78</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>5.1.</b>	<b>PALEOAMBIENTE, EVOLUÇÃO DA PAISAGEM E ORIGEM DA TAFOCENOSE.....</b>	<b>84</b>
5.1.1.	Fase 1 – Planície de rios entrelaçados.....	84
5.1.1.1.	<i>Formas de leito arenosas em canais maiores .....</i>	<i>86</i>
5.1.1.2.	<i>Barra arenosa de acreção a jusante .....</i>	<i>88</i>
5.1.2.	Fase 2 – Planície fluvial distal .....	89
5.1.2.1.	<i>Depósitos de planície de inundação .....</i>	<i>90</i>
5.1.2.2.	<i>Formas de leito arenosas em canais menores .....</i>	<i>91</i>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>92</b>
	AGRADECIMENTOS .....	95
	REFERÊNCIAS.....	96
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>107</b>

## ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação, organizada em torno do artigo científico que apresenta os resultados desta pesquisa, é estruturada em dois capítulos, os quais contêm os seguintes itens:

### a) Capítulo I: Introdução Geral, Referencial Teórico e Metodológico

- Introdução: Apresenta-se o contexto geral e justificativa do tema de trabalho. Segue-se pela enumeração dos objetivos, a localização da área de estudo e os materiais e métodos utilizados na pesquisa;
- Revisão Contextual: Apresenta-se revisão teórica sobre tafonomia de vertebrados e geologia de depósitos fluviais;
- Contexto Geológico e Paleontológico da Bacia de Curitiba: Menciona os principais trabalhos realizados até ao momento sobre a geologia da Bacia de Curitiba, bem como trabalhos recentes a respeito da paleontologia da Formação Guabirotuba.

### c) Capítulo II: Resultados

- Artigo: intitulado '*Contexto paleoambiental e tafonomia da assembleia fóssil da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, Paraná*', elaborado pela autora durante o desenvolvimento de seu Mestrado, a ser submetido ao periódico *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.

Por fim, são apresentadas as considerações finais do trabalho, contendo as principais conclusões da pesquisa.

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO GERAL, REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

#### 1. INTRODUÇÃO

A Bacia de Curitiba localiza-se na porção mais meridional do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 2004), ou Sistemas de Riftes da Serra do Mar (ALMEIDA, 1976), constituindo um conjunto de vales alinhados de origem tectônica com 1.200 km de extensão. A bacia foi preenchida por sedimentos referidos como Formação Guabirotuba (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962), correspondentes a depósitos transicionais entre as zonas proximal, média e distal de sistemas fluviais distributários, sob condições climáticas razoavelmente úmidas, alternando com períodos mais secos (LIMA *et al.*, 2013). Estes autores consideram que a abundante quantidade de depósitos de lama e ausência de depósitos eólicos e feições de ressecção ou exposição corroboram tal contexto deposicional predominante. A datação dos depósitos mais segura apresentada até o momento foi proposta por Sedor *et al.* (2014a). Com base em fauna de vertebrados fósseis sugeriram idade entre a metade do Eoceno e parte inicial do Oligoceno (Paleógeno) para a formação dos depósitos, pouco mais antiga do que a anteriormente sugerida por outros autores (*e.g.* BIGARELLA *et al.*, 1961; BIGARELLA e SALAMUNI, 1962; BECKER, 1982; SALAMUNI, 1998).

Até a década de 1980 a bacia foi considerada afossilífera, até que Azevedo (1981) registrou a ocorrência de microfósseis tecamebianos na Formação Guabirotuba. Posteriormente, Liccardo & Weinschültz (2010) registraram a primeira ocorrência de fóssil de vertebrado na unidade e, a partir de então, novas descobertas na bacia foram reportadas (ROGERIO *et al.*, 2012; DIAS *et al.*, 2014; DIAS e SEDOR, 2014; SEDOR *et al.*, 2014a; SEDOR *et al.*, 2014b; SILVA *et al.*, 2014a; SILVA *et al.*, 2014b).

A descoberta de diversos táxons novos de mamíferos e ocorrências de outros já conhecidos em outras localidades da América do Sul constitui a importância desta nova fauna no contexto do Paleógeno brasileiro e sul-americano. Estes fósseis são importantes registros da evolução dos mamíferos deste continente, que fornecerão novas informações para estudos paleobiogeográficos e paleoecológicos.

A criação de modelos tafonômicos para esta acumulação recém-descoberta avança na compreensão dos processos que originaram esta tafocenose e seu contexto paleoecológico.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Estudos tafonômicos que abordam tafocenoses continentais na América do Sul anterior ao Pleistoceno são escassos (e.g. BERGQVIST *et al.*, 2001; MONTALVO, 2002; CLADERA *et al.*, 2004; MONTALVO *et al.*, 2005; MONTALVO *et al.*, 2008; VERZI *et al.*, 2008; DOZO *et al.*, 2011; TOMASSINI e MONTALVO, 2013; BERGQVIST *et al.*, 2011; MONTALVO *et al.*, 2011; MONTALVO *et al.*, 2015; CUNHA *et al.*, 2014). Até o momento, sítios fossilíferos Paleógenos brasileiros estão restritos a poucas unidades como a Formação Maria Farinha (Paleógeno inicial), Bacia de Itaboraí (Eoceno inicial), Bacia Aiuruoca (Eoceno-Oligoceno) e Bacia de Taubaté (Oligoceno tardio). À vista disso, o presente trabalho visa contribuir ao entendimento dos processos envolvidos na gênese de uma nova tafocenose paleógena da Bacia de Curitiba.

A oportunidade de compreensão dos processos envolvidos na gênese desta nova tafocenose paleógena justificou a pesquisa realizada, na busca de evidências que permitissem aprimorar a compreensão do ambiente e modo de vida daqueles organismos antigos, processos de morte, acúmulo e fossilização relacionados com o contexto deposicional.

## 1.2 OBJETIVOS

A pesquisa visou compreender os processos de gênese e preservação da assembleia fóssil, mediante estabelecimento da relação entre fósseis e associações de fácies sedimentares, indicativas do contexto deposicional da Formação Guabirotuba. A análise se desenvolveu conforme os objetivos específicos seguintes:

- a) caracterização de associações de fácies das ocorrências fósseis, identificação de ambientes deposicionais e evolução sedimentar;
- b) classificação da assinatura tafonômica de fósseis depositados na coleção de Paleontologia do Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas – UFPR.



### 1.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os fósseis analisados provêm de local situado à margem do *Contorno Sul*, em região entre as rodovias BR-277 e BR-116, no limite sudoeste do município de Curitiba, com Araucária (coordenadas 25° 30' 33"S e 49° 20' 28"O), Figura 1.

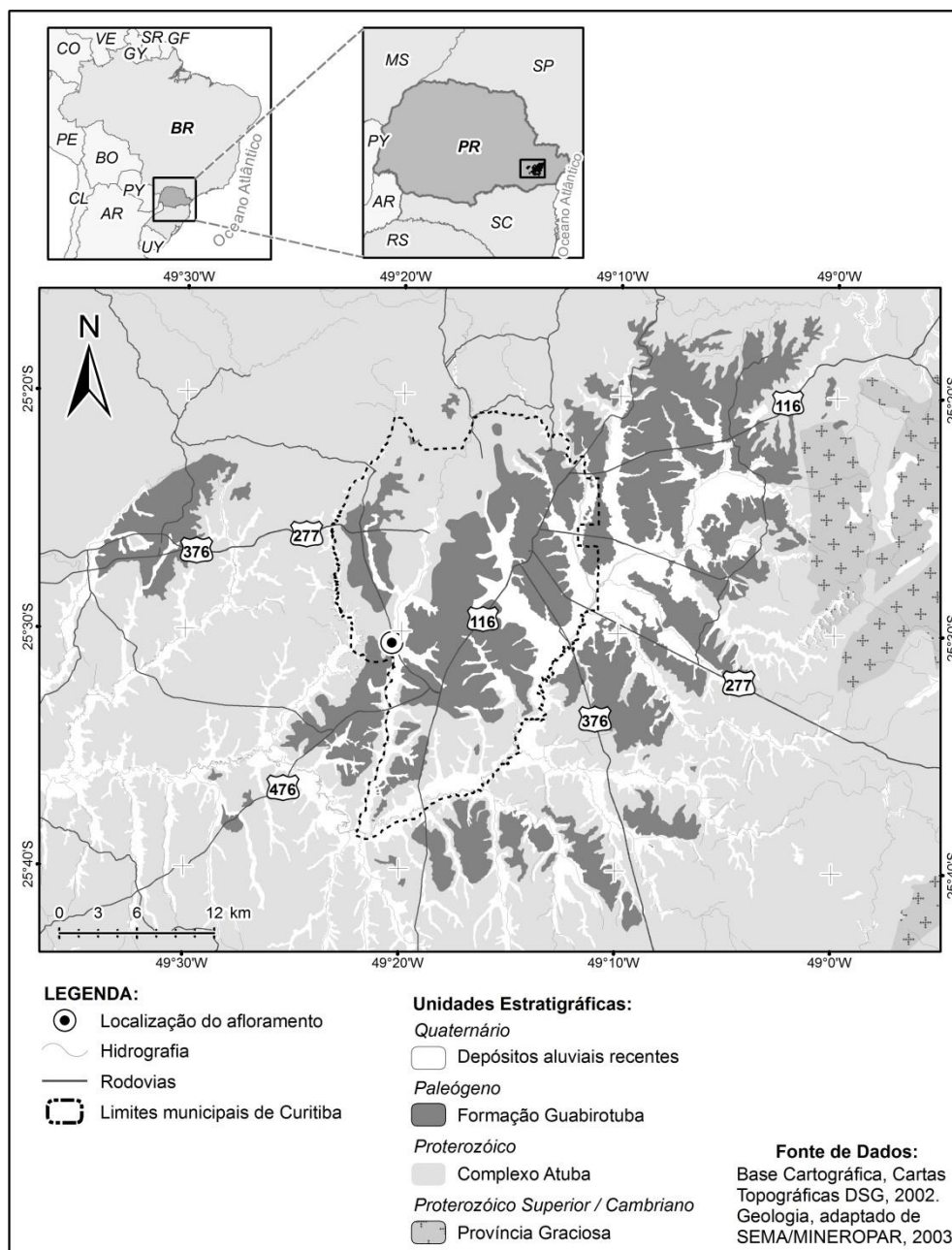


Figura 1: Mapa geológico com localização do sítio paleontológico estudado na Bacia de Curitiba.

A área de estudo compreende depósitos sedimentares da Formação Guabirota, com exposições do embasamento de rochas gnáissicas e granitoides do Complexo Atuba.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

O levantamento bibliográfico, que se estendeu no decorrer da pesquisa, consistiu na compilação de dados sobre a estratigrafia e contexto deposicional da Bacia de Curitiba, como também sobre outras localidades com informações correlatas do ponto de vista tafonômico no intervalo temporal envolvido. Consultas frequentes foram feitas em literatura a respeito de modelos deposicionais de ambientes continentais, sobretudo referente a sistemas fluviais e lacustres (e.g. MIAL, 1996).

A pesquisa apoiou-se também em bibliografia sobre preservação de restos de vertebrados em ambientes fluviais, tanto fóssil como em experimentos com faunas atuais. A interpretação das feições tafonômicas seguiu a literatura consagrada da área (e.g. SHIPMAN, 1981; BEHRENSMEYER, 1991; LYMAN, 1994). A determinação de grupos ósseos e dentários segundo o transporte hidráulico foi baseada nas propostas de Voorhies (1969) e Dodson (1971, 1973).

### **2.2 LEVANTAMENTOS DE CAMPO**

Os estudos basearam-se principalmente em levantamentos de campo, quando foram obtidas informações para estabelecer a relação entre fósseis e associações de fácies da Formação Guabirota. A aquisição e análise de informações seguiram métodos adaptados de Smith (1993), que buscou reconstruir a história *post-mortem*/pré-soterramento de vertebrados em depósitos de planície de inundação do Permiano Superior no sudoeste da Bacia do Karoo, África do Sul.

A ausência de informações sobre a situação dos fósseis *in situ* da maior parte do material utilizado, coletado antes do início desta pesquisa, foi resultado da não padronização das coletas de fósseis visando permitir futuros estudos tafonômicos. Porém, algumas informações como matriz sedimentar associada e posição de fósseis no afloramento puderam ser resgatadas, muitas com documentação fotográfica.

De acordo com a distribuição das ocorrências fósseis, foram selecionadas sete seções transversais (Figura 2), nomeadas como GB-01 (A e B), GB-02 (A e B), GB-03, GB-04 (A e B), GB-05 (A e B), GB-06 (A, B e C) e GB-07. Cada afloramento foi fotografado com tomadas sucessivas, para elaboração de mosaicos fotográficos (fotomosaicos) da seção, além de servir de base para confecção de ilustrações (Anexos 1 a 11).

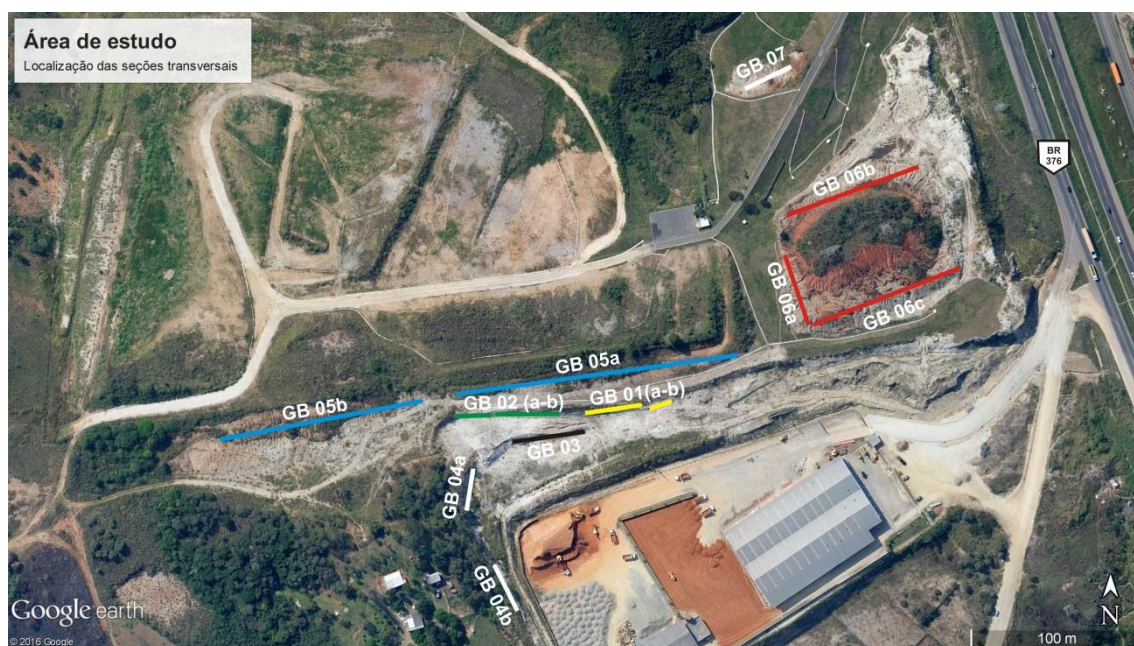


Figura 2: Vista aérea da área de estudo com localização das seções de ocorrências fósseis (Imagem de Google Earth, acesso em 8/05/2015).

A partir dos fotomosaicos foram elaborados painéis de representação gráfica com as unidades sedimentares, principais superfícies de contato e truncamento, estruturas sedimentares e tectônicas, além da exata localização espacial de cada fóssil. Também foram elaboradas seções colunares, localizadas principalmente nas porções dos cortes com ocorrências fósseis,

com informações de cunho sedimentológico e paleopedológico destes segmentos. Uma interpretação paleoambiental gráfica foi elaborada e é apresentada ao final (Anexos 12 e 13) como parte da conclusão desta pesquisa.

A caracterização das fácies sedimentares adotou a proposta de Miall (1996), mediante identificação por códigos baseados nas propriedades texturais dos sedimentos. Este código é composto por combinação de dois ou três caracteres, o primeiro sempre maiúsculo, que corresponde à granulação, e os seguintes em letras minúsculas, referem-se às estruturas sedimentares. O Quadro 1 sintetiza as características das fácies reconhecidas na Bacia de Curitiba por Lima *et al.* (2013), baseada na classificação do autor supracitado.

Fácies sedimentares			
Código	Denominação	Textura	Estruturas
Gmm	Cascalho sustentado por matriz	Clastos polimíticos em matriz lamosa	Maciça; imbricação de clastos mal definida
Gcm	Cascalho sustentado pelo arcabouço	Clastos polimíticos em matriz arenosa	Gradação normal; imbricação de clastos
Gp	Cascalho estratificado sustentado por matriz	Clastos polimíticos em matriz areno-lamosa	Estratificação cruzada tabular
Sm	Areia maciça	Granulação fina a grossa; pode conter grânulos e seixos	Maciça; aumento de lama para o topo
Si	Areia com gradação inversa	Granulação média a grossa; pode conter grânulos	Gradação inversa
Sh	Areia com estratificação plano-paralela	Granulação média a grossa; pode conter grânulos	Estratificação plano-paralela
Sp	Areia com estratificação cruzada tabular	Granulação média a muito grossa; pode conter grânulos e seixos	Estratificação cruzada tabular
St	Areia com estratificação cruzada acanalada	Granulação grossa; pode conter grânulos e seixos	Estratificação cruzada acanalada
Sr	Areia com marcas onduladas	Granulação muito fina a grossa	Marcas onduladas
Fm	Lama maciça	Argila e silte com proporção variada de areia	Maciça
Fl	Lama arenosa com laminação cruzada	Argila e silte com proporção variada de areia	Laminação cruzada isolada
Fh	Lama com laminação plano-paralela	Argila e silte	Laminação horizontal incipiente ou evidente

Feições eo/telodiagenéticas			
Código	Denominação	Constituição	Estruturas
<i>Plc</i>	Calcretes pedogenéticos laminares	Calcita e/ou Dolomita	Calcretes de aspecto laminar
<i>Pnc</i>	Calcretes pedogenéticos nodulares	Calcita e/ou Dolomita	Calcretes de aspecto nodular
<i>Prc</i>	Calcretes pedogenéticos retrabalhados	Calcita e/ou Dolomita	Vênulas, crostas adelgaçadas, intraclastos
<i>Pf</i>	Ferricretes pedogenéticos	Óxidos e hidróxidos de ferro	Crostas adelgaçadas
<b>Granulação</b> G: <i>Gravel</i> (cascalho) S: <i>Sand</i> (areia) F: <i>Fine</i> (argila e silte)		<b>Pedogênese</b> P: <i>Paleossol</i> (paleossolo) lc: <i>laminar calcrete</i> (calcrete laminar) nc: <i>nodular calcrete</i> (calcrete nodular)	<b>Estrutura</b> i: <i>inverse grading</i> (gradação inversa) h: <i>horizontalized</i> (estratificação plano-paralela) p: <i>planar cross bedded</i> (estratificação cruzada tabular) m: <i>massive</i> (estrutura maciça) r: <i>ripple marks</i> (marcas onduladas) t: <i>cross trough</i> (estratificação cruzada acanalada)
<b>Textura</b> mm: <i>matrix supported</i> (sustentado por matriz) cm: <i>clast supported</i> (sustentado pelo arcabouço)		rc: <i>reworking calcrete</i> (calcrete retrabalhado) f: <i>ferricrete</i> (ferricretes)	

Quadro 1: Fácies sedimentares identificadas na Formação Guabirrotuba, segundo a classificação de Miall (1996), por Lima et al. (2013).

## 2.3 CLASSIFICAÇÃO DA ASSINATURA TAFONÔMICA

Grande parte da informação sobre a história tafonômica de uma assembleia fóssil vem dos ossos e dentes, além do conhecimento a respeito do seu contexto geológico e distribuição espacial nos estratos sedimentares. Por esta razão, algumas das características impressas nos fósseis durante a formação das assembleias são analisadas neste estudo. Os resultados desta avaliação compreenderam a segunda parte da pesquisa.

O material estudado foi composto por fósseis coletados durante o desenvolvimento da pesquisa, assim como espécimes depositados nas coleções do Museu de Ciências Naturais da Universidade Federal do Paraná (MCN-SCB-UFPR), de Curitiba, e Museu da Terra e da Vida - UnC - Universidade do Contestado, de Mafra (SC). Nesta análise também foram

incluídos espécimes sem informações do contexto deposicional da ocorrência. Os atributos analisados são apresentados a seguir:

a) **representatividade ósteo-dentária:** compreende a integridade do elemento esquelético e também qual porção está preservada (SHIPMAN, 1981);

b) **fraturas:** localização, quantidade e tipos de fraturas (Figura 3) (SHIPMAN *et al.*, 1981). Nesta pesquisa foram analisadas fraturas apenas em ossos longos, como úmeros, ulnas e rádios, fêmures, tíbias, metapodiais e falanges, que refletem mais efetivamente qual o agente causador da feição;

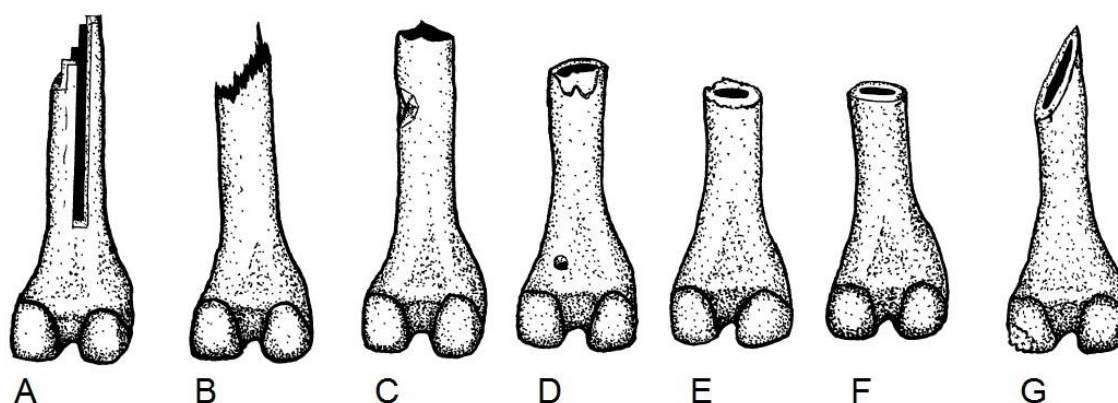


Figura 3: Tipos de fraturas, apresentadas como exemplo em porções distais de um fêmur: A, fratura em degrau ou colunar; B, fratura do tipo “dente de serra”; C, fratura em depressão ao lado da diáfise e quebra em “V” na extremidade proximal; D, perfuração na extremidade distal e descamação (remoção da camada mais exterior do osso) na porção proximal; E, quebra perpendicular irregular na diáfise; F, fratura perpendicular lisa na diáfise (provavelmente uma quebra pós-fossilização); G, quebra articular irregular em um dos côndilos, expondo o osso esponjoso do interior, e fratura espiral da diáfise (segundo SHIPMAN *et al.*, 1981).

c) **grau de abrasão:** quantificado pela intensidade de suavização dos bordos e vértices dos ossos decorrente da fricção causada pela colisão e desgaste com outras partículas durante o transporte. São definidas três classes de abrasão, segundo Shipman (1981):

(1) pouca ou nenhuma abrasão – arestas ou quebras agudas, recentes;



- (2) abrasão moderada – algum arredondamento de arestas ou quebras;
- (3) forte abrasão – arestas pouco definidas, quebras bem arredondadas, superfície do osso possivelmente perdida;

d) **estado de meteorização (intemperismo):** classificação segundo os efeitos da exposição dos elementos ósseos aos agentes intempéricos químicos e físicos, como variação de temperatura, umidade e química do solo. Os registros do intemperismo em ossos geram quebras, as mais comuns ocorrendo no eixo maior de ossos longos em padrões fibrosos, e nas articulações com padrões em mosaico. A classificação adotada na pesquisa foi baseada na escala de Behrensmeyer (1978), que foi desenvolvida para ossos de mamíferos modernos expostos em condições de semiaridez, adaptada para o contexto desta pesquisa:

*ESTADO (1):* meteorização não evidente, superfície de ossos sem fissuras evidentes (estágio 0 de Behrensmeyer, 1978);

*ESTADO (2):* meteorização baixa, algumas quebras na superfície do osso, normalmente paralelas à estrutura da fibra óssea (*i.e.*, longitudinal em ossos longos); superfícies articulares começam a mostrar osso esponjoso em seu interior (estágios 1 e 2 de Behrensmeyer, 1978);

*ESTADO (3):* meteorização média, camadas concêntricas externas do osso descamam através de fissuras longitudinais até que maior parte da superfície externa seja perdida; superfícies articulares estão praticamente planas e mostrando todo o osso esponjoso em seu interior (estágio 3 de Behrensmeyer, 1978);

*ESTADO (4):* meteorização forte, superfície do osso com fissuras longitudinais e radiais, com porções rugosas e homogeneamente desgastadas de osso compacto; osso esponjoso pode ser visível em algumas porções ao longo da diáfise (estágio 4 de Behrensmeyer, 1978);

*ESTADO (5):* meteorização elevada, superfície do osso áspera e rugosa, todo o perióstio pode ter sido perdido; osso esponjoso desgastado de



forma que o formato do osso original é praticamente irreconhecível (estágio 5 de Behrensmeyer, 1978).

e) **grau de desarticulação esquelética:** de acordo com o padrão de desarticulação dos restos esqueléticos desta assembleia, estabeleceu-se um agrupamento de 5 classes tafonômicas (A-E, mostradas no Quadro 2), que varia desde esqueletos completos a ossos isolados inteiros ou fragmentados, e que reflete o grau de retrabalhamento de depósitos pré-existent (ASLAN e BEHRENSMEYER, 1996). Esta classificação é uma adaptação das classes tafonômicas usadas por Smith (1993) para as ocorrências fósseis da área de estudo.

<b>Classe tafonômica</b>	<b>Condição</b>	<b>Duração do período <i>post-mortem</i>/pré-soterramento final</b>
A	esqueleto completo articulado	muito curto
B	esqueleto parcial – elementos associados do mesmo indivíduo	curto
C	crânio com mandíbula; crânio sem mandíbula; hemimandíbula/dentário	longo
D	ossos e dentes isolados e/ou fragmentados (vértebras, costelas, ossos do esqueleto apendicular)	muito longo
E	aglomeração de ossos ou dentes pequenos	muito longo

Quadro 2: Classes tafonômicas baseadas no grau de desarticulação dos restos esqueléticos (*sensu* SMITH, 1993).

A análise da transportabilidade seletiva dos fósseis foi também balizada pela proposta de Voorhies (1969), quando a aplicação foi possível. O autor utilizou ossos de mamíferos atuais, ovelha e coiote, para avaliar o comportamento destes restos quando transportados no canal de um rio (Quadro 3).

Grupo I removidos imediatamente, transportados por saltação ou flotação	Grupo II removidos gradualmente, transportados por tração	Grupo III depósito residuais
Costelas	Fêmur	Crânio
Vértebras	Tíbia	Mandíbula
Sacro	Úmero	
Esterno	Metapodia	<i>Hemimandíbula</i>
<i>Escápula</i>	Pélvis	
<i>Falanges</i>	Rádio	
<i>Ulna</i>	<i>Escápula</i>	
	<i>Hemimandíbula</i>	
	<i>Falanges</i>	
	<i>Ulna</i>	

Quadro 3: Susceptibilidade de ossos de mamíferos ao transporte em canal hidráulico (VOORHIES, 1969). Os elementos em itálico são tipos intermediários entre dois grupos nos quais eles aparecem.

### 3. REVISÃO CONCEITUAL

#### 3.1 TAFONOMIA DE VERTEBRADOS

##### 3.1.1 Conceitos Básicos

O termo “Tafonomia” foi proposto pelo paleontólogo russo Ivan Antonovich Efremov, a partir dos termos gregos *taphos* (sepultamento) e *nomos* (leis ou sistemas), designando a subdisciplina da Paleontologia dedicada ao estudo dos processos que operam nos restos orgânicos logo após a morte e que formam os depósitos fossilíferos. Refere-se, portanto, ao

Estudo da transição (em todos os detalhes) de restos animais da biosfera para a litosfera, *i.e.*, o estudo de um processo em seu desfecho no qual os organismos sucumbem das diferentes partes da biosfera e, sendo fossilizado, tornam-se parte da litosfera (EFREMOV, 1940, p. 85).

Embora I. A. Efremov tenha cunhado o termo, os primeiros trabalhos relacionados a transformações *post-mortem* de restos orgânicos não foram de sua autoria. Paleontólogos alemães foram os autores mais ativos neste campo do conhecimento (e.g., ABEL, 1914; WEIGELT, 1927).

Pela moderna definição apresentada por Behrensmeyer e Kidwell (1985), *tafonomia* refere-se ao “estudo dos processos de preservação e como eles afetam a informação no registro fóssil”, compreendendo três etapas: a) **necrólise**, que consiste na morte e decomposição do organismo; b) **bioestratinomia**, onde os processos sedimentares atuam sobre os restos esqueléticos, incluindo a causa da morte do organismo, sua decomposição, transporte e soterramento; e c) **diagênese dos fósseis**, ou **fossildiagênese**, que engloba as alterações químicas e físicas que alteram os restos após o soterramento.

O registro fóssil de vertebrados terrestres é indiscutivelmente fragmentário e de distribuição desigual através do espaço e tempo (NOTO, 2011). As causas possíveis que fundamentam essa dissociação do registro são

resultado de uma combinação de fatores que ocorrem antes e após a deposição dos restos esqueléticos (Figura 4).

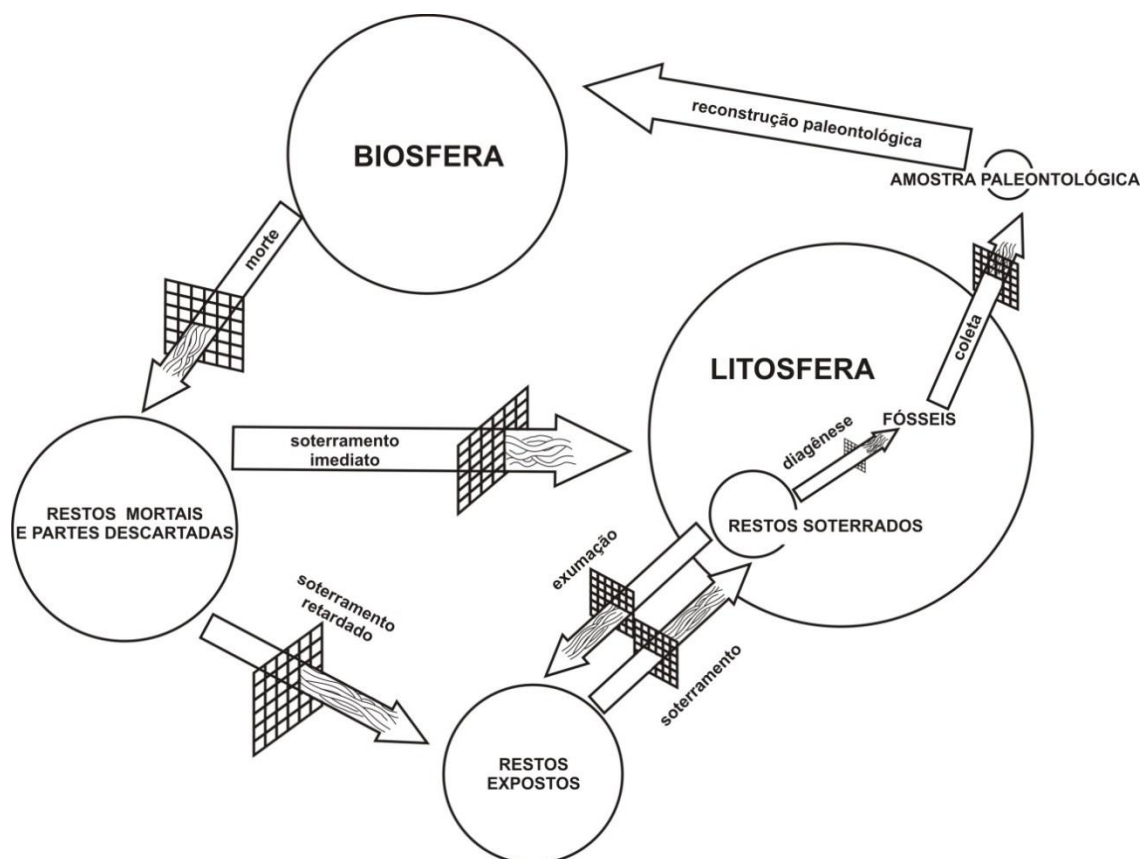


Figura 4: Progressão dos restos orgânicos por estágios distintos, desde a morte até sua descoberta final, com os processos intermediários atuando como filtros para a informação paleontológica, um paradigma da transição biosfera-litosfera (redesenhado de Behrensmeier e Kidwell 1985).

Através de evidências tafonômicas, torna-se claro que o registro paleontológico não deve ser aceito literalmente, ou seja, amostras fósseis não podem ser interpretadas como equivalentes àquelas tomadas de ecossistemas modernos (WING *et al.*, 1992). Johnson (1960) apontou que, caso não haja certo grau de confiança na reconstrução da sequência de eventos que levaram a formação de uma assembleia fóssil, esta pode ter pouca significância paleoecológica. Os motivos de tal afirmação foram baseados nas seguintes observações acerca das principais fontes de vieses no registro de uma comunidade antiga: (1) a seletividade dos processos destrutivos que operam sobre assembleias mortas, (2) a mistura de elementos indígenas e exóticos

nestas assembleias, e (3) as alterações químicas e físicas atuantes nos fósseis e nos sedimentos circundantes.

A interpretação paleoecológica de vertebrados é dependente do conhecimento de processos tafonômicos que modificam a composição de uma assembleia fóssil preservada de uma comunidade original (BEHRENSMEYER *et al.*, 1979). Segundo Western (1980), existe necessidade de compreensão tanto tafonômica como ecológica para a interpretação das faunas fósseis e de seus ambientes

Uma interpretação de faunas passadas e seus ambientes a partir do registro fóssil é limitada pelos nossos conhecimentos tanto em ecologia como em tafonomia. Dada uma assembleia de animais perfeitamente preservada, nós não podemos reconstruir o passado melhor do que a ecologia de comunidades contemporâneas a partir de animais mortos e carcaças. Entretanto, a partir do momento em que um organismo morre e passa para o universo inorgânico, processos que estão em ação determinam quais traços permanecem intactos em um determinado ponto no tempo e, portanto, quão precisa nossa reconstrução pode ser. Tafonomia é o estudo desses processos, dos vieses que influenciam o que é preservado como fóssil. (...) Quanto mais temos conhecimento destes vieses naturais, mais a ecologia contemporânea pode ser aplicada à paleoecologia tanto em sua correção como na sua explicação (WESTERN, 1980, p. 41).

Uma acumulação fóssil de vertebrados requer circunstâncias especiais para ser formada, devido a alguns fatores que distinguem esses organismos do restante dos seres vivos. O corpo do vertebrado é constituído por diversas partes tanto moles quanto duras, e as partes duras, normalmente são mineralizadas e distintas entre si, que podem facilmente desarticular com a morte do organismo. Quando expostos em superfície por um logo período após a morte, os ossos estão sujeitos a certos processos que implicam considerável modificação física e biológica entre o tempo de morte e soterramento dos restos. Além disso, as populações vivas de vertebrados são, em geral, comparativamente menores àquelas de organismos marinhos com conchas, por exemplo, e usualmente possuem uma densidade muito menor de indivíduos abrangendo áreas maiores (BEHRENSMEYER, 1991). Os processos responsáveis pela acumulação de restos esqueléticos em localidades fossilíferas também tendem a enviesar a representação de espécies, indivíduos e partes do corpo relacionadas às populações originais, afetando

posteriormente informações paleoecológicas, bioestratigráficas e macroevolutivas. A importância do estudo tafonômico no registro de vertebrados fósseis está no esclarecimento destes vieses e no fornecimento de diretrizes para o uso de informações paleontológicas para responder questões evolutivas e paleoecológicas (OLSON, 1980; BEHRENSMEYER e KIDWELL, 1985).

### 3.1.2 Resolução Espacial e Temporal

Conforme Araújo-Júnior (2016), um problema recorrente na paleoecologia de vertebrados é a questão referente a como os restos fósseis estão relacionados ao sítio original de morte e, conseqüentemente, aos seus habitats e paleocomunidades. Os termos “autóctone”, “parautóctone” e “alóctone” foram primeiramente propostos por Kidwell *et al.* (1986) para designar acumulações bioclásticas de faunas conchíferas marinhas. Tal nomenclatura é seguramente aplicável a comunidades de invertebrados marinhos, como organismos bentônicos, que podem ser preservadas em posição de vida (autóctone *sensu* KIDWELL *et al.*, 1986), epifaunais, que podem ser remobilizados (parautóctone *sensu* KIDWELL *et al.*, 1986), ou organismos que podem ser transportados para fora de seu habitat original (alóctone *sensu* KIDWELL *et al.*, 1986). Segundo Behrensmeyer (1991), características tafonômicas e sedimentológicas podem demonstrar se um sítio de soterramento corresponde ao local aonde a carcaça veio a jazer, porém tais evidências podem não ser suficientes para distinguir entre o real sítio de morte e o local onde a carcaça encalhou. Para as concentrações terrestres de vertebrados a classificação de Kidwell *et al.* (1986) pode ser falha devido a dificuldade em se reconhecer restos que estejam preservados em posição de vida. A questão da migração sazonal e uso diferenciado de habitats por vertebrados também dificulta o estabelecimento de limites entre estes termos, como apontado por Behrensmeyer *et al.* (1979) e Behrensmeyer e Dechant-Boaz (1980). Cutler *et al.*, (1999) assinalou o potencial que os processos tafonômicos têm de obscurecer ou realçar as associações entre

paleoambientes e organismos através da destruição seletiva, transporte *post-mortem* e mistura temporal:

Mudanças ecológicas através do tempo no uso do habitat por organismos vivos podem também obscurecer distinções entre faunas ou floras associadas à habitats em particular. Se processos tafonômicos afetam a especificidade de habitats em assembleias de ossos, então tal característica deveria ser revelada em sequências temporais de restos de habitats particulares (Cutler *et al.*, 1999, p. 359)

Behrensmeyer e Hook (1992) atribuíram os termos autóctone, parautóctone e alóctone ao estado de transporte inferido dos restos orgânicos. Segundo os autores, restos autóctones são preservados no sítio de morte de um organismo ou onde suas partes foram descartadas. Behrensmeyer (1983) apontou que são restos esqueléticos que foram preservados próximo ao local de morte, sem transporte significativo por agentes físicos ou biológicos. Lyman (1994) por sua vez, definiu como sendo uma assembleia fóssil que é encontrada onde os organismos referidos morreram e presumivelmente viveram, sendo fósseis que experimentaram vida, morte e soterramento no mesmo local. Para Behrensmeyer e Hook (1992) alóctones são os restos que foram movidos do sítio de morte e para fora de seu habitat original. O termo parautóctone é referido aos restos que foram transportados do seu local de morte ou descarga, porém continuam dentro do habitat original do organismo.

Em última análise, o problema da relação entre o sítio original de vida e o de morte e deposição de um organismo depende do grau de resolução espacial requerido para as reconstruções paleoecológicas, como enfatiza Behrensmeyer (1991).

À luz do problema da resolução espacial relativo a acumulações de vertebrados terrestres, o presente trabalho segue a classificação proposta por Behrensmeyer e Hook (1992), que aborda a distância de transporte a partir do **local de morte** do organismo como critério determinante para autoctonia ou aloctonia da acumulação.

Walker e Bambach (1971) definiram mistura temporal (*time-averaging*) como situações onde os restos orgânicos acumulam a partir da comunidade viva local durante o tempo requerido para depositar os sedimentos contidos na coluna sedimentar (segundo KIDWELL e BEHRENSMEYER, 1993). Ou seja, é

o processo pelo qual os restos de diferentes intervalos de tempo vêm a ser preservados juntos. Walker e Bambach (1971) demonstraram que, devido à taxa de acumulação de sedimentos ser mais lenta em relação ao intervalo de vida dos organismos, em nenhum momento estas assembleias podem refletir a estrutura das comunidades vivas. Em vez disso, são misturas abrangendo décadas, e as flutuações de curto prazo nas populações são anuladas pela predominância de tendências ecologicamente persistentes em longo prazo (KIDWELL e BOSENCE, 1991).

A mistura temporal pode ocorrer como resultado de diversos mecanismos físicos e biológicos de mistura de materiais antigos e mais recentes. Graham (1993) separou estes mecanismos em cinco grupos: (1) mistura antes do soterramento, (2) bioturbação, (3) mistura de fósseis mais antigos em sedimentos mais recentes, (4) mistura de restos mais recentes em sedimentos mais antigos e, (5) mistura por fluxo de sedimentos de subsuperfície. Tais processos ocorrem num intervalo de tempo, que é determinado como “duração da mistura temporal”. Algumas expressões usadas com o mesmo significado são “escala de mistura temporal” ou “acuidade do registro”.

A resolução temporal (*time resolution*) consiste na melhor estimativa do intervalo de tempo decorrido, que é representado por um conjunto de fósseis expresso em termos absolutos ou relativos (KIDWELL e BEHRESMEYER, 1993). A avaliação implica determinar (1) a duração do *time-averaging*, (2) erros temporais na correlação (para reconstrução de padrões espaciais) e (3), em alguns casos, incertezas na idade geológica absoluta da assembleia.

### **3.1.3 Caracterização de Acumulações de Vertebrados**

Segundo Behrensmeyer (1991), uma *acumulação* significa a ocorrência de restos de vertebrados em área bem definida, usualmente variando de  $10^0$ - $10^4$  m<sup>2</sup>, limitada por uma unidade estratigráfica. Contém restos de mais de um indivíduo, fragmentos dispersos de dentes e ossos, incluindo assembleias de mortalidade em massa instantânea ou cumulativas.



A caracterização de acumulações fósseis pode ser feita tanto através do contexto geológico em que esta assembleia está inserida como dos restos em si (SHIPMAN, 1981; BEHRENSMEYER, 1991). O estudo do ambiente de deposição sugere informações sobre os tipos de processos tafonômicos e sedimentares que atuaram sobre os restos, como informações referentes às características físicas de onde o organismo viveu e foi soterrado, e as interações entre componentes do meio físico e biótico dos ecossistemas passados (BEHRENSMEYER e HOOK, 1992). A abordagem direta dos fósseis pode elucidar alguns detalhes a respeito do modo de preservação do fóssil. As características avaliadas podem incluir a representatividade óssea; caracterização de quebras e fraturas; marcas de mastigação ou de cortes; grau de abrasão e dessecação; além da investigação das quantidades de certos elementos-traço nos ossos que permite avaliar o tipo de dieta dos fósseis analisados.

Em uma terceira abordagem, interpretativa, as acumulações de vertebrados podem ser caracterizadas de acordo com a história tafonômica inferida, tal como mortalidade em massa, acumulações de predadores, ou assembleias cumulativas em um dado intervalo de tempo. A combinação de todas as informações como dados oriundos da assembleia em si, das evidências *in situ* dos afloramentos e características dos ossos individuais é ilustrada na Figura 5.



Figura 5: Componentes da análise tafonômica de acumulações de vertebrados terrestres, segundo Behrensmeyer (1991).

### 3.1.4 Tafonomia de vertebrados em ambientes fluviais

O registro de vertebrados fósseis ocorre em ampla variedade de ambientes sedimentares, e o contexto ambiental pode ter grande influência no modo de preservação dos fósseis. Em depósitos continentais, os ambientes fluviais são os que contêm parte significativa do registro fóssil (BEHRENSMEYER, 1988). Tais depósitos têm sido foco tradicional para investigações paleontológicas e tafonômicas. Devido aos atributos sedimentológicos característicos e abundância de fósseis os ambientes fluviais são adequados especialmente para a avaliação de mudanças ecológicas através do tempo (BEHRENSMEYER e HOOK, 1992).

Os ossos, quando sujeitos a processos fluviais, apresentam algumas características importantes que resultam em uma história tafonômica ampla dos restos preservados nestes ambientes. Alguns dos padrões de preservação reincidentem em diferentes sequências sedimentares através da história dos vertebrados terrestres (BEHRENSMEYER, 1988). Através destes padrões é possível definir “modos” tafonômicos que se define como um conjunto de ocorrências fósseis que resultam de processos físicos, químicos e biológicos similares (BEHRENSMEYER e HOOK, 1992). Um exemplo de modo tafonômico para ambientes fluviais e deltaicos é apresentado no Quadro 4.

<b>Contexto ambiental</b>	<b>Característica</b>
canal – depósitos de fundo e margem	ocorrência comum de vertebrados articulados e desarticulados; depósitos residuais de ossos
canal abandonado	ocorrência comum de vertebrados; mortalidade em massa; armadilhas
margem	ocorrência incomum de vertebrados desarticulados
planície de inundação – pobremente drenada	ocorrência de peixes (ossos desarticulados, escamas), tetrápodes articulados e desarticulados
planície de inundação – bem drenada	ocorrência de tetrápodes articulados e desarticulados; incomum ocorrência de peixes e coprólitos
rompimento de dique marginal	ocorrência variável de vertebrados, coprólitos
baía interdistributária	ocorrência variável de peixes e tetrápodes desarticulados

Quadro 4: Modos de preservação de organismos em ambientes fluvial e deltaico. (Traduzido de Behrensmeier e Hook 1992)

### 3.2 DEPÓSITOS FLUVIAIS – MODELOS DEPOSICIONAIS

Os rios são importantes agentes modeladores de paisagens, transportando material detrítico de áreas mais altas para lagos e oceanos, onde os sedimentos são depositados. A natureza da assembleia sedimentar fluvial é resultado da inter-relação de diversos processos, com influência principalmente do clima e atividades tectônica. Variações de energia e proveniência de material detrítico resultam em relações complexas entre estratos sedimentares individuais. A partir da análise das associações de fácies, incluindo a caracterização de estruturas sedimentares e processos sedimentares, e do conteúdo fóssil é possível se estabelecer a evolução dos eventos.

Três zonas geomorfológicas podem ser reconhecidas nos sistemas fluviais (Figura 6): a **zona erosiva**, onde os canais possuem poder de incisão linear muito alto, removendo material do fundo e das laterais do vale; a **zona de transferência**, onde o gradiente é menor, os rios e córregos não erodem ativamente, porém também não há deposição; na **zona de deposição**, a porção mais baixa do sistema, os sedimentos são depositados nos canais dos rios e planícies de inundação de um sistema fluvial ou na superfície de um leque aluvial (NICHOLS, 2009). O sistema completo não é regra, alguns podem manter-se erosivos até encontrar o mar ou lago, e outros não possuem a zona de transferência.

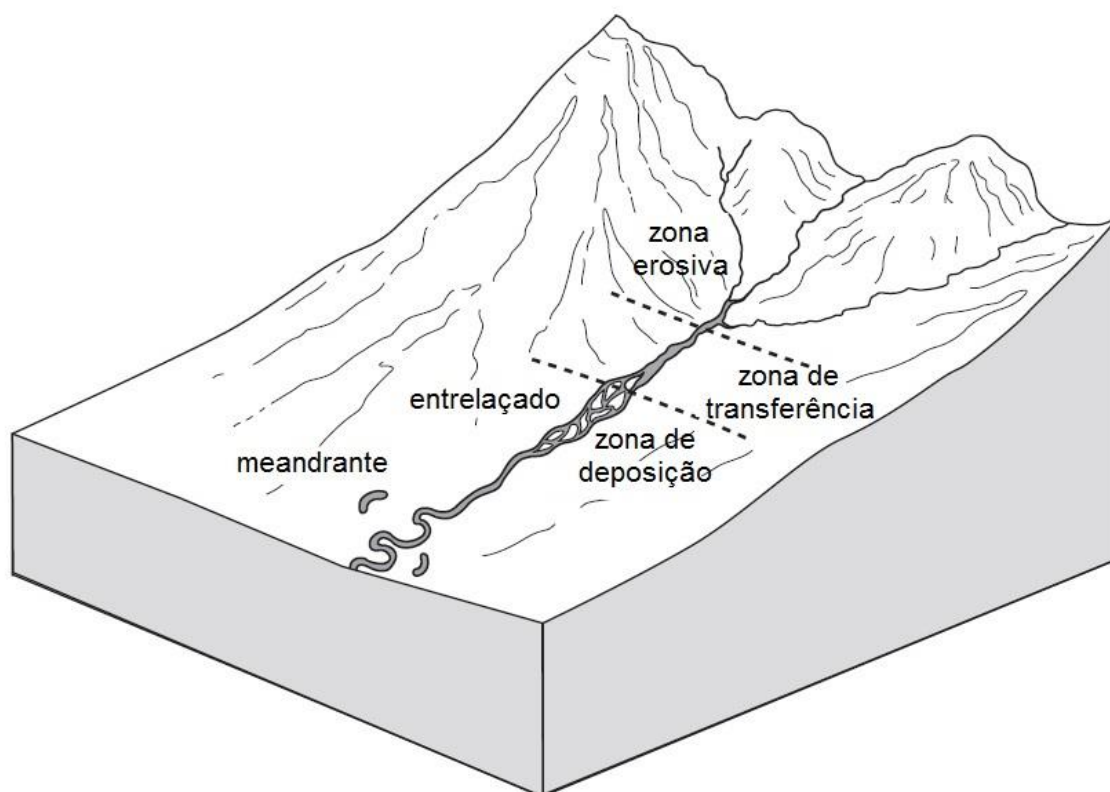


Figura 6: Zonas geomorfológicas em sistemas aluviais e fluviais. No geral, rios entrelaçados tendem a ocorrer em áreas mais proximais e rios meandrantes ocorrem mais à jusante (Traduzido de NICHOLS, 2009).

### 3.3.1 Sistema Fluvial Entrelaçado

Rios com sedimentos grossos em alta proporção, transportados por rolamento e saltação ao longo do fundo do canal, são formados por canais entrelaçados (NICHOLS, 2009). Neste sistema ocorre a remobilização constante de barras individuais que evoluem para complexos de barras, obstruindo a corrente e assim forçando a sua ramificação (Figura 7). O fluxo é geralmente mais forte entre as barras, e os sedimentos mais grossos são transportados e depositados ao longo do canal para formar uma acumulação residual de clastos maiores. As barras podem ainda variar em tamanho e forma, chamadas longitudinais quando alongadas em relação ao eixo do canal, transversais quando se espalham com cristas transversais através do canal, e linguoides quando possuem o seu extremo mais amplo apontando para a jusante.

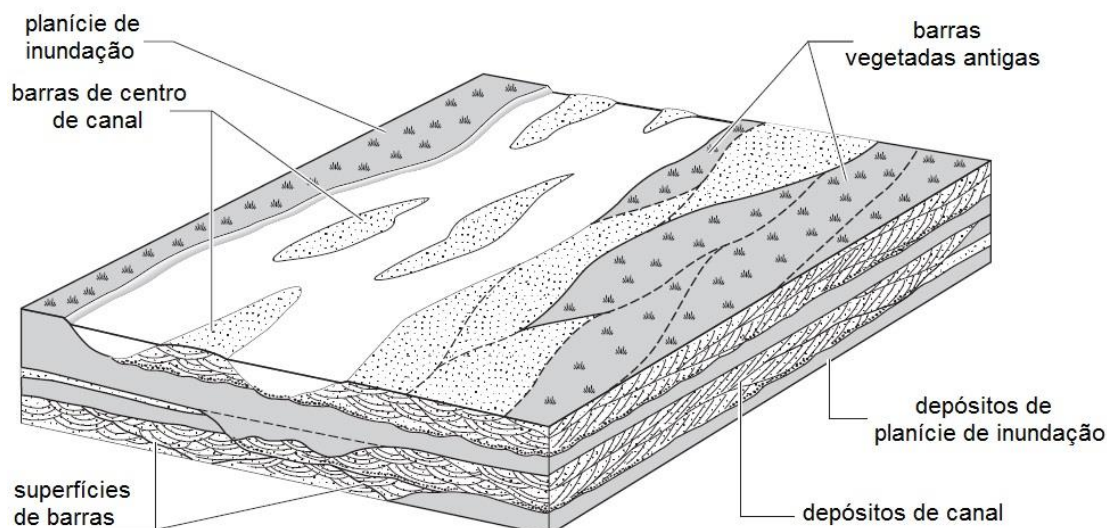


Figura 7: Principais feições de formas de um rio entrelaçado (Traduzido de NICHOLS, 2009).

A avulsão constante dos canais ao longo da planície aluvial resulta em ampla região de depósitos de barras cascalhosas, muito maior que o próprio canal do rio, chamada de planície entrelaçada. São encontradas em regiões de clima muito seco ou onde há pouca vegetação para estabilizar as margens do rio.

### 3.3.2 Sistema Fluvial Meandrante

Canais meandrantess desenvolvem-se em baixas declividades e transportam essencialmente areia como carga de fundo. Seguem um caminho tortuoso, erodindo o flanco próximo ao talvegue, e depositam sedimentos no lado oposto do canal, dando forma às barras de pontal (NICHOLS, 2009). O ciclo de erosão e deposição dá origem à migração longitudinal de barras, somado à sazonalidade de cheias, dando origem à forma sinuosa do canal (Figura 8). Produtos da migração lateral do canal são as barras de pontal, de evolução horizontal, e as superfícies de acresção lateral, superfícies de baixo ângulo inclinadas em direção ao fundo do canal.

Durante períodos de cheia, a água pode usar um atalho sobre as barras de pontal, formando calhas de escoamento que cortam a margem interna dos

meandros. Estas calhas podem ser feições temporárias, porém só ativas durante estágios de maior vazão. Durante a formação destes atalhos, o rio pode reocupar gradualmente seu antigo curso e o fluxo diminui progressivamente ao longo da calha. Com o abandono do canal, a deposição neste local se restringe a sedimentos finos.

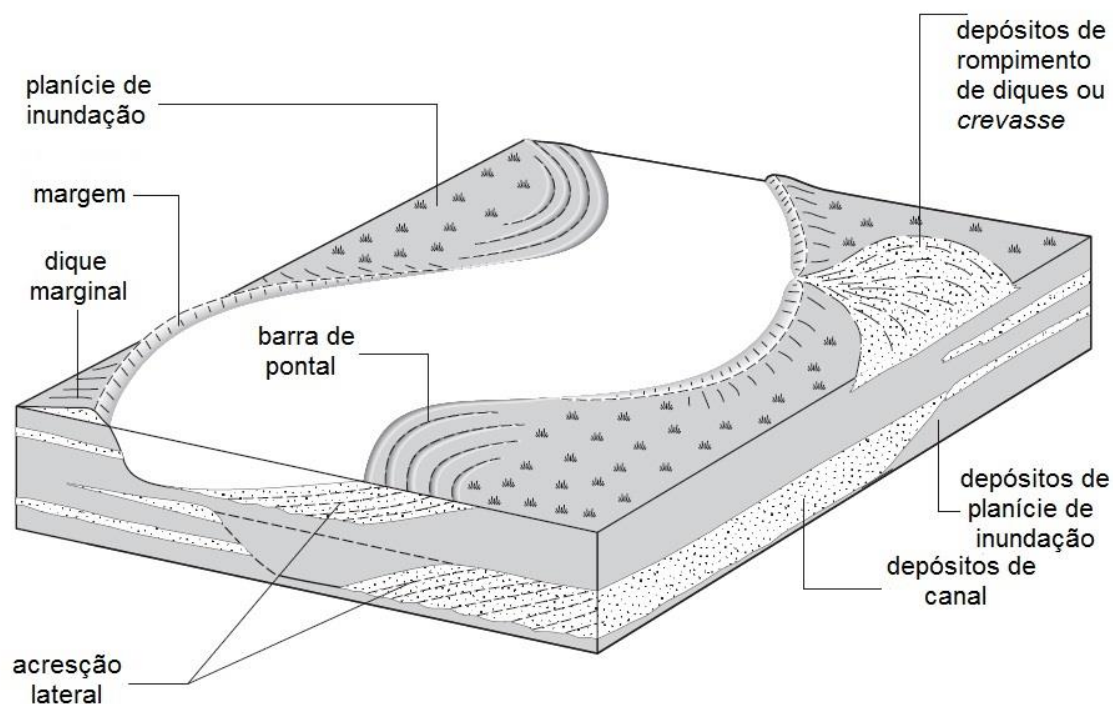


Figura 8: Principais feições de um rio meandrante (traduzido de NICHOLS, 2009).

### 3.3.3 Sistema Fluvial Anastomosado

Sistema de rios anastomosados consiste de vários canais ativos de baixa ou alta sinuosidade (Figura 9). Os rios são relativamente estáveis em posição, ao contrário dos rios entrelaçados e meandrantos (MIALL, 1992). Desenvolvem-se em áreas de baixa declividade, com correntes de baixa energia e, dessa forma, transportam apenas sedimentos finos. A aggradação no canal e os depósitos de inundações que sobrepõem o topo das barras resultam na alternância dos canais e desenvolvimento de novas barras. Segundo Miall (1996), canais anastomosados ocorrem tanto em condições de clima semiárido como em climas úmidos.

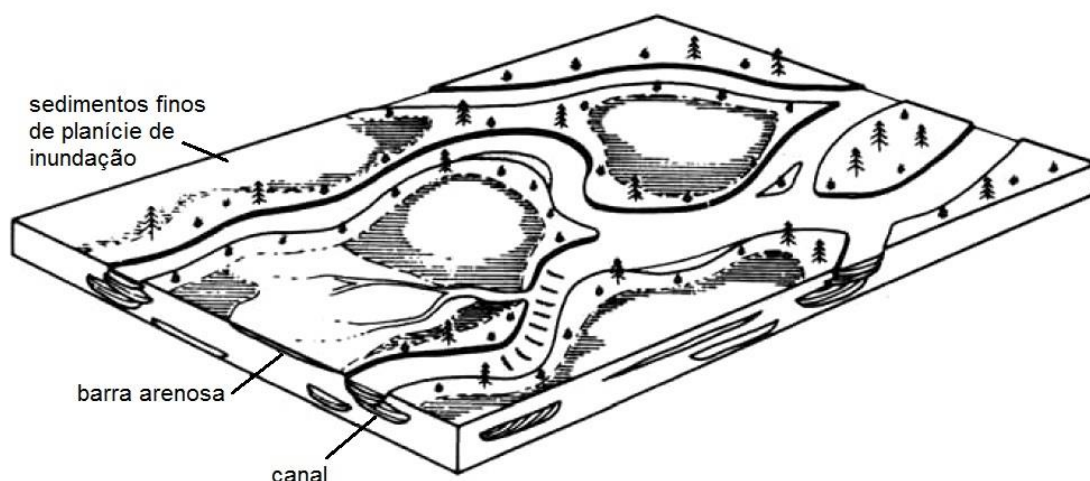


Figura 9: Modelo deposicional de sistema fluvial de canais anastomosados. As hachuras indicam vegetação pantanosa que circunda áreas com lagoas de planície de inundação, pequenas e rasas (MIALL, 1992).

Smith e Smith (1980) reconheceram seis tipos de depósitos formados em sistemas fluviais anastomosados: a) **turfeiras**: camadas de até 98% de matéria orgânica, variando de poucos centímetros a 1,5m de espessura; b) **pântanos**: compostos de lama siltosa com quantidades variadas de detritos orgânicos; c) **lagoas de inundação**: argilas com laminação e siltes argilosos com matéria orgânica esparsa; d) **diques marginais (levee)**: areias siltosas com 10 a 20% do volume constituído por raízes, com transição gradual para fácies de pântanos e lagoas; e) **depósitos de rompimento de diques marginais (crevasse splay)**: finas lentes de areia ou cascalho fino, com incipiente acreção vertical; f) **canais**: depósitos espessos de seixos ou areia grossa.

### 3.3.4 Sistema Fluvial Distributário

O sistema fluvial distributário é composto por depósitos em forma de leques, ou semicones, encontrados comumente em áreas tectonicamente ativas, em sopé de regiões montanhosas, com forte relevo ou escarpas de falha (SUGUIO, 2003; NICHOLS e FISHER, 2007). Um modelo deste tipo de sistema é mostrado na Figura 10. Algumas das características comuns dos



sistemas fluviais distributários são: a) a deposição ocorre onde o sistema aluvial se torna não confinado ao entrar na bacia sedimentar; b) possuem um padrão radial a partir de um eixo; c) depósito em forma de um leque amplo que possui seção transversal convexa, na porção superior do sistema, e côncava em seção longitudinal; e d) ocorre um ponto de interseção no perfil longitudinal onde, acima do qual, o sistema aluvial é mantido em um vale inciso e abaixo, se espalha por todo o lobo deposicional ativo (WEISSMANN *et al.*, 2010).

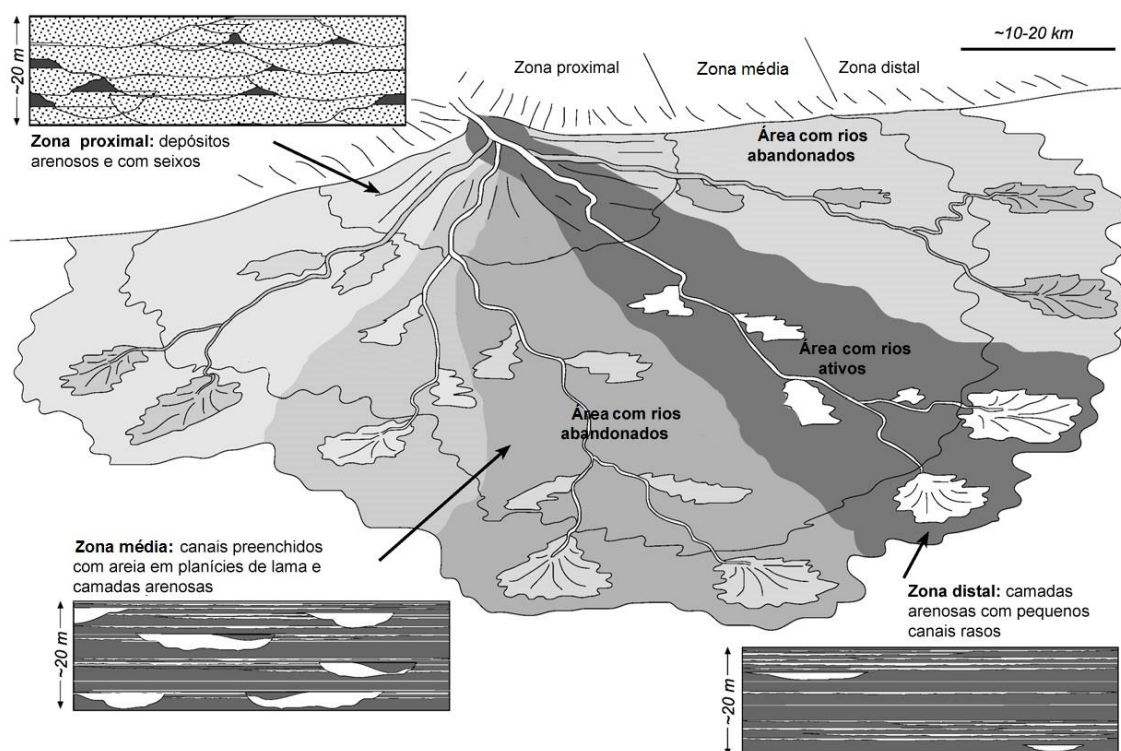


Figura 10: Modelo de sistema fluvial distributário, com associações de fácies características (Traduzido de NICHOLS e FISHER, 2007).

Tais sistemas podem ocorrer em diversos contextos tectônicos, desde bacias de rifte, a contextos transtensionais e bacias de antearco (NICHOLS e FISHER, 2007). Podem ser formados em bacias em clima relativamente quente e seco, onde a perda de água por evapotranspiração exceda a entrada por precipitação direta e dos rios que alcançam a bacia.



#### **4. CONTEXTO GEOLÓGICO – PALEONTOLÓGICO DA BACIA DE CURITIBA**

A Bacia de Curitiba situa-se na porção centro-sul do Primeiro Planalto Paranaense, e constitui o segmento meridional do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (SRCSB). Desenvolveu-se como bacia pouco profunda, condicionada, sobretudo, por falhas na direção NE-SW. Ocupa área de aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup>, sobre a qual se encontra grande parte da cidade de Curitiba e parte da região metropolitana. O preenchimento da bacia é constituído por depósitos inconsolidados de cascalhos polimíticos, areia quartzo-feldspáticas e lamas argilosas cinza-esverdeadas, considerados a depósitos de leques aluviais com espessura máxima atingindo 85m (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962; LIMA *et al.*, 2013).

##### **4.1 BREVE HISTÓRICO DAS PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES SOBRE O CONHECIMENTO DA BACIA DE CURITIBA**

Os primeiros relatos referentes aos *sedimentos* da Bacia de Curitiba são encontrados em trabalhos do início do século XX. Oliveira (1927, segundo SALAMUNI, 1998) fez uma descrição das características dos argilitos locais, atribuindo origem lagunar aos depósitos da bacia, sugerindo que teriam se formado durante o Plioceno. Maack (1947), referindo-se também às argilas destes depósitos, mencionou que “a diminuta diagênese destas argilas e seixos faz supor, como mais provável, uma idade pleistocena”. Estudos posteriores mais detalhados sedimentares e estratigráficos seguiram-se com os de Bigarella *et al.* (1961), Bigarella e Salamuni (1962) e Becker (1982). Estudos abordando, sobretudo, a evolução tectono-sedimentar e estruturação tectônica da bacia foram desenvolvidos posteriormente, como os de Salamuni (1998), Salamuni *et al.* (2003) e Salamuni *et al.* (2004). Machado (2009) e Machado *et al.* (2012) discutiram a proveniência dos sedimentos por análise de assembleias de minerais pesados.

## 4.2 EVOLUÇÃO TECTÔNICA E EMBASAMENTO

A Bacia de Curitiba faz parte do conjunto de bacias tafrogênicas, próximas à costa atlântica do Sudeste do Brasil, que compõem o Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil (SRCSB). Tal sistema consiste em uma depressão alongada com cerca de 900 km de comprimento, de idade paleógena, que se estende entre as cidades de Tijucas do Sul, estado do Paraná, e uma área submersa de Macaé, Rio de Janeiro (RICCOMINI *et al.*, 2004). Zalán e Oliveira (2005) caracterizaram o SRCSB como entidade tectônica única, formada por corredores de depressões tectônicas continentais e suboceânicas associados a planaltos residuais. Entretanto, estes autores notaram que a Bacia de Curitiba,

Classicamente considerada um gráben (Riccomini *et al.* 2004; Salamuni *et al.* 2004), não aparece como tal em perfis morfotectônicos na escala regional utilizada. Isto deve significar que a referida bacia pode até ter um controle tectônico em suas bordas, mas sua magnitude não é comparável aos dos outros grábens aqui tratados. Ela se expressa mais como uma mera depressão topográfica a meio caminho de dois blocos de falha rotacionados divergentemente interpretação esta baseada no fato da bacia não configurar um gráben nos perfis morfotectônicos em escala regional. (Zalán e Oliveira, 2005, p. 279)

Segundo Salamuni *et al.* (2003), a subsidência da Bacia de Curitiba pode ter se desenvolvido em episódios distintos através da reativação de falhas marginais, que produziram rejeitos maiores na borda leste do que na oeste, e no seu estágio final de evolução, por um evento tectônico transtensional/transpressional. O rebaixamento e a rotação dos blocos gerou hemi-grábens, desencadeando o preenchimento inicial da bacia. A Figura 11 apresenta proposta da evolução tectono-sedimentar da bacia, de Salamuni *et al.* (2003).

O embasamento da bacia, e parte de seus depósitos sedimentares, são seccionados por falhas que delimitam blocos. As estruturas rúpteis indicam superposição de episódios tectônicos que influenciaram tanto a paleogeografia quanto a distribuição estratigráfica dos depósitos. Salamuni *et al.*, (2004) reconhecem pelo menos três eventos regionais importantes: 1 - As zonas de falha mais antigas, de natureza rúptil-dúctil, de orientação NE-SW e ENE-WSW

têm idade neoproterozoica; 2 - As estruturas de orientação NW-SE, do Cretáceo Inferior, tiveram movimentação transcorrente oblíqua; 3 - A geração mais nova tem idade paleogênica, com registros na porção basal da Formação Guabirota. Correspondem a falhas normais de direção NE-SW e N-S.

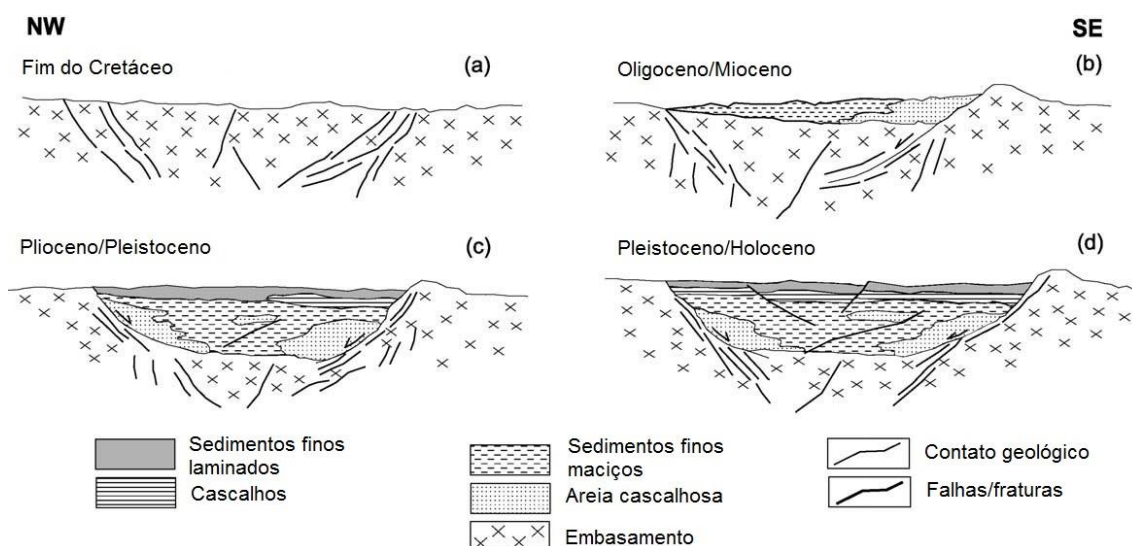


Figura 11: Evolução tectono-sedimentar da Bacia de Curitiba, modificada de Salamuni *et al.* (2003).

O mapa simplificado da Bacia de Curitiba (Figura 12), de Salamuni *et al.* (2003), mostra os três lineamentos maiores que influenciaram a formação original da bacia, e que atualmente controlam sua erosão. Falha do Passaúna, situada no limite noroeste da bacia; falha Serra do Mar Ocidental, no limite sudeste/leste; e falha do Alto Iguaçu, que os autores inferem cruzar o depocentro da bacia. São falhas normais de alto ângulo originais, que foram posteriormente reativadas como falhas transcorrentes oblíquas, e atualmente controlam a arquitetura da bacia.

O embasamento da bacia é constituído por rochas gnáissico-graníticas do Complexo Atuba formadas no Paleoproterozoico, com idades Rb-Sr distribuídas no intervalo 2200-1800 Ma, e U-Pb (zircões) próximas de 2100 Ma (SIGA JR. *et al.*, 1995). A leste e sudeste, o embasamento é constituído por rochas granitoides da Província Graciosa (GUALDA e VLACH, 2005). Cinco corpos graníticos independentes são reconhecidos: Capivari, Órgãos, Anhangava, Farinha Seca e Marumbi (Figura 12).

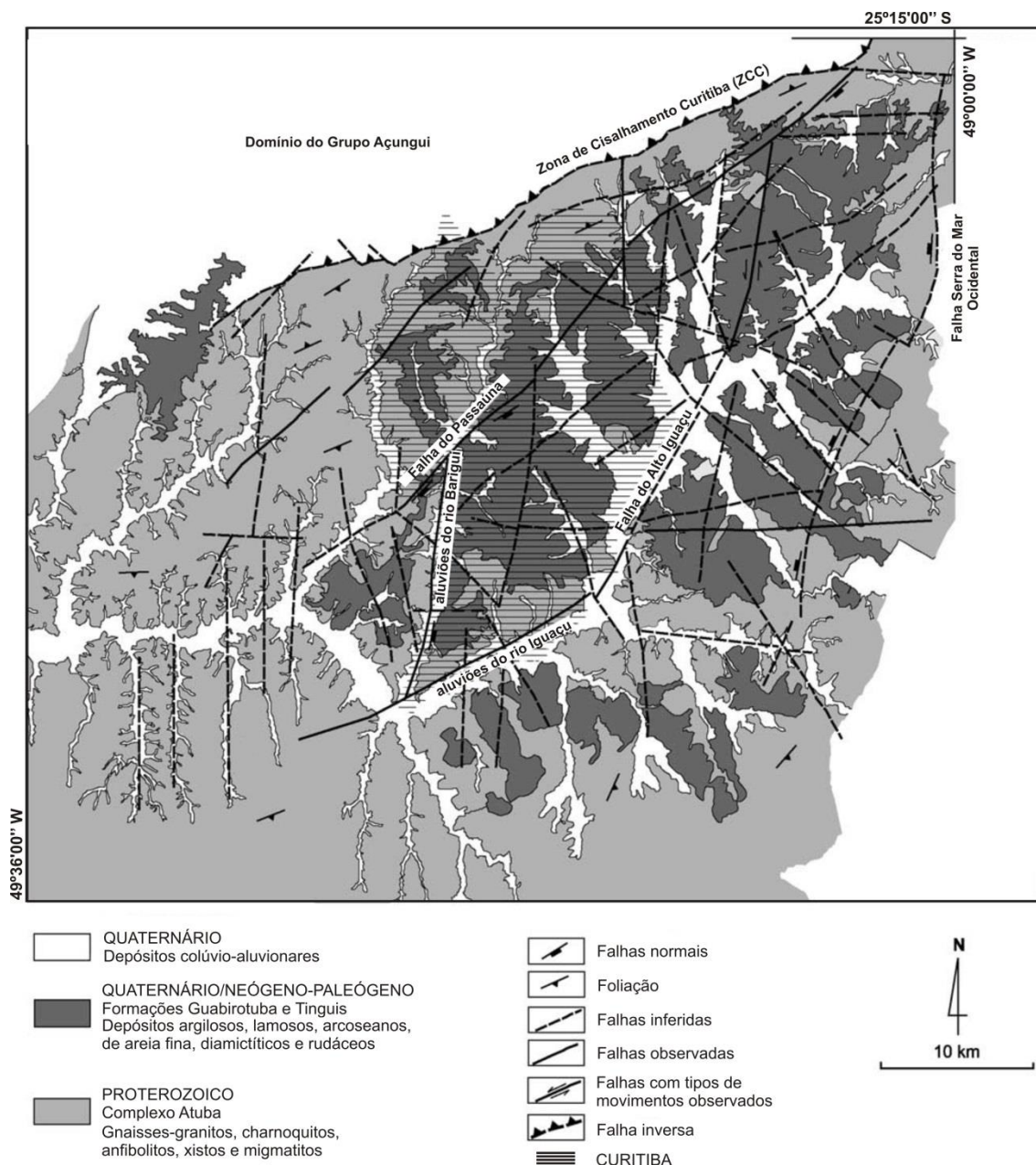


Figura 12: Bacia de Curitiba e lineamentos maiores (modificado de SALAMUNI *et al.*, 2003).

A norte e noroeste, o embasamento é constituído por rochas metamórficas da Formação Capiru, do Grupo Açungui, de idade Neoproterozoica (FIORI e GASPAR, 1993). A Formação Capiru, definida por Bigarella e Salamuni (1956), é composta predominantemente por quartzitos e dolomititos, com intercalações de filitos, que são menos frequentes na base e mais comuns na porção superior da unidade. Quanto ao metamorfismo, Marini *et al.* (1967) indicam que as rochas desta formação atingem um grau metamórfico médio, da fácies xisto-verde. A deposição dos sedimentos

originais do Grupo Açungui é atribuída a ambientes marinhos (BIGARELLA e SALAMUNI, 1956; MARINI, 1970; EBERT, 1971), devido à natureza e estruturas sedimentares preservadas nos metassedimentos, bem como a presença dos estromatólitos do gênero *Collenia*.

#### 4.3 ESTRATIGRAFIA

A ausência de idades absolutas, assim como paleontológicas até poucos anos atrás, fez com que a evolução sedimentar da Bacia de Curitiba fosse estabelecida por correlações estratigráficas com outras bacias do SRCSB. A natureza descontínua dos depósitos continentais cenozoicos do sistema de riftes também limitou as discussões. As principais contribuições relacionadas à estratigrafia da bacia são apresentadas a seguir.

Bigarella e Salamuni (1962) atribuíram a deposição da Formação Guabirotuba a contexto de sistemas de leques aluviais marginais favorecidos por um clima semiárido, designados como depósitos de *bajada*. Os autores propuseram ainda a alternância entre os períodos de semiaridez com épocas menos secas, fato corroborado pelo elevado teor de sedimentos clásticos finos, estes gerados na decomposição química de rochas cristalinas dos arredores da bacia. Segundo Bigarella *et al.* (1961) rios efêmeros e com grande carga de sedimentos inundavam o vale durante as estações chuvosas, formando lagos que secavam nas épocas de estiagem.

Becker (1982) descreveu estratos de cascalhos, areias e argilas avermelhadas, de até 5m de espessura, em contato erosivo acima da Formação Guabirotuba, denominando-os de Formação Tinguís. A autora ainda propôs a denominação de Formação Boqueirão aos depósitos arenosos pleistocênicos de fundo de vale. Salamuni *et al.* (1999), entretanto, consideraram que a unidade Boqueirão estaria localizada em possíveis vales de paleodrenagens, podendo representar uma situação pretérita dos depósitos de várzea, formados a partir do Holoceno. Dessa forma, na opinião dos autores, tais depósitos não poderiam ser dissociados, em termos evolutivos, dos aluviões atuais.

Coimbra *et al.* (1995), definiram a Formação Piraquara como constituída por areias e argilas de cores avermelhadas a esbranquiçadas, com estratificação horizontal, granodecrescência, marcas de raízes e por vezes intercaladas com camadas arenosas de arranjo sigmoide. Atribuíram-lhe origem relacionada à “calmaria” tectônica associada ao clima úmido durante o final do Oligoceno, início do Mioceno, que possibilitou a implantação de um sistema fluvial meandrante. Os autores consideraram ainda que a “Formação Tinguís” de Becker (1982) seria produto de alteração intempérica da Formação Guabirota, o que não justificaria sua definição. O Quadro 5 apresenta compilação de ordenamento estratigráfico, condições climáticas durante a deposição e de idades propostas para o preenchimento da bacia.

A idade dos sedimentos da Bacia de Curitiba foi tema bastante discutido. Almeida (1952) admitiu idade pliocênica para as “camadas de Curitiba”, em correlação com as “camadas de São Paulo”, corroborando o proposto por Maack (1947). Bigarella e Salamuni (1962) atribuíram idade pliopleistocênica aos sedimentos. Becker (1982) aumentou a idade de sedimentação da Formação Guabirota para o Plioceno inicial e, considerando a Formação Tinguís como resultado do retrabalhamento de parte daquela unidade, considerou que a última teria se depositado no Plioceno tardio a Pleistoceno inferior. Coimbra *et al.* (1995) correlacionaram as formações Guabirota e Resende, estando ambas desenvolvidas em um sistema de leques aluviais associados a planícies fluviais de rios entrelaçados, em contexto *rift*, no limite Eoceno tardio-Oligoceno inicial. Estes autores propuseram ainda a individualização de parte da Formação Guabirota, designando-se a nova unidade como Formação Piraquara, com deposição no final do Oligoceno e início do Mioceno. Com base em estudo de palinomorfos, Salamuni *et al.* (1999) sugeriram o início de deposição entre o início do Mioceno e o Mioceno médio, e final no Pleistoceno Médio.

Estudos recentes com base nas novas ocorrências fósseis na bacia, principalmente pela presença de tatus da espécie *Utaetus cf. buccatus*, entre outros taxa, Sedor *et al.* (2014a) propuseram que, preliminarmente, a abrangência da fauna de Guabirota e, por conseguinte, da Formação Guabirota, teria idade entre o Eoceno médio e Oligoceno inicial.

<b>Autores</b>	<i>Bigarella et al. (1961); Bigarella e Salamuni (1962)</i>		<i>Becker (1982)</i>				<i>Archela (1989, 1990)</i>		<i>Coimbra et al. (1995)</i>		<i>Salamuni (1998)</i>	<i>Sedor et al. (2014)</i>
<b>Designação</b>	Formação Guabirotuba	Depósitos holocênicos	Formação Guabirotuba	Formação Tinguis	Formação Boqueirão	Depósitos holocênicos	Formação Guabirotuba	Aluviões holocênicos	Formação Guabirotuba	Formação Piraquara	Formação Guabirotuba	Formação Guabirotuba
<b>Idade</b>	Plioceno a Pleistoceno	Holoceno	Plioceno Inferior	Plioceno superior a Pleistoceno inferior	Pleistoceno superior	Holoceno	Mioceno a Pleistoceno	Holoceno	Eoceno tardio a Oligoceno inicial	Oligoceno a início do Mioceno	Início do Mioceno a Mioceno médio	Eoceno médio a Oligoceno inicial
<b>Contexto deposicional</b>	Depósitos de leques aluviais coalescentes associados a sistema <i>playa-lake</i> para o centro da bacia	Depósitos fluviais meandantes restritos à atual planície de inundação do rio Iguaçu	Depósitos de leques aluviais coalescentes associados a sistema fluvial anastomosado	Retrabalhamento da Formação Guabirotuba	Sedimentos arenosos do fundo de vales fluviais	Depósitos fluviais meandantes restritos à atual planície de inundação do rio Iguaçu	Fácies de leques aluviais coalescentes associados a sistema fluvial entrelaçado ( <i>braided</i> )	Depósitos fluviais meandantes restritos à atual planície de inundação do rio Iguaçu	Sistema de leques aluviais associados a planícies fluviais de rios entrelaçados em contexto <i>rift</i>	Depósitos fluviais meandantes	Depósitos de leques aluviais	Depósitos de sistemas distributários fluviais
<b>Clima</b>	Semiárido	Úmido, temperado	Semiárido	Semiárido	Úmido	Úmido, temperado	Árido a semiárido	Úmido, temperado	Semiárido	Úmido	Semiárido	Úmido

Quadro 5: Síntese de principais propostas estratigráficas, evolução climática e idades para a Bacia de Curitiba.

#### 4.4 AMBIENTES DEPOSICIONAIS E PALEOAMBIENTE

Bigarella *et al.* (1961) e Bigarella e Salamuni (1962) propuseram inicialmente que a deposição da Formação Guabirotuba se deu em condições de clima semiárido (depósitos de *bajada*), em locais que favoreceram o desenvolvimento de extensos leques aluviais, bem como ambientes de *playa lake*. Posteriormente, Becker (1982) sugeriu depósitos de leques aluviais coalescentes associados a sistema fluvial anastomosado, também em condições de clima semiárido.

Lima *et al.* (2013) caracterizaram sistemas distributários fluviais como principais sistemas deposicionais atuantes no preenchimento da Bacia de Curitiba (Figura 13).

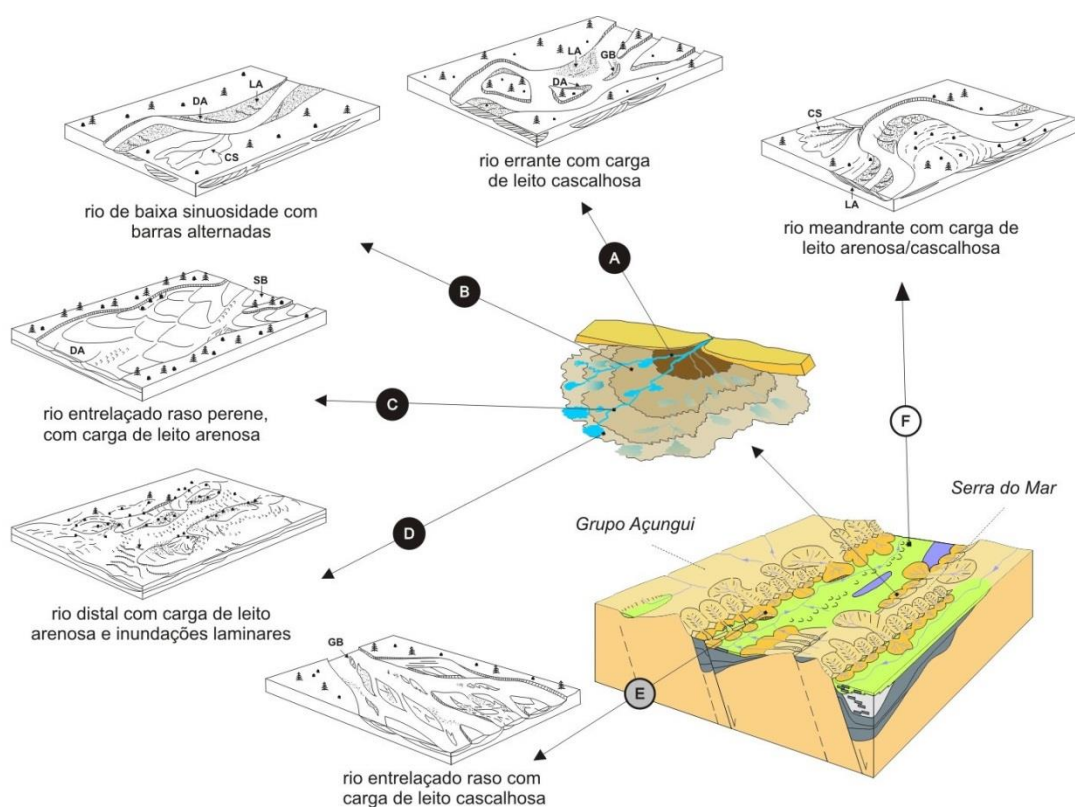


Figura 13: Sistemas deposicionais da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba (LIMA, 2010).



Entretanto, a ausência de registro de associações de fácies de contexto eólico e de feições sedimentares de exposição e ressecamento, e a abundante quantidade relativa de lama, sugere que a deposição ocorreu em condições de clima razoavelmente úmido, com alternância de períodos menos intensos. Baseado em análise faciológica, estes autores identificaram seis associações de fácies sedimentares para os depósitos da Formação Guabirotuba, que estão enumeradas no Quadro 6.

<i>Associação de fácies</i>	<i>Características</i>
<b>A</b>	Depósitos proximais dos fluxos de detritos retrabalhados por rios de canais entrelaçados.
<b>B</b>	Feições acanaladas arenosas escavadas em lamas, também relacionadas a rios de canais entrelaçados de menor energia.
<b>C</b>	Feições acanaladas amplas formadas por estratos lenticulares e tabulares menores, sugerindo ambiente com rios de menor energia, entrelaçados em intervalo de menor vazão.
<b>D</b>	Zona distal dos leques aluviais da Formação Guabirotuba; ocorrência de calcretes nodulares e tabulares; depósitos de inundação laminares intercalados com depósitos de fluxo de detritos distais.
<b>E</b>	Depósitos de rios entrelaçados por sistemas de leques aluviais na borda noroeste. Os autores atribuem essa associação à Formação Tinguis proposta por Becker (1982). Intercala-se com as associações C e D, portanto, é contemporânea às demais.
<b>F</b>	Depósitos de rios sinuosos a meandantes, sujeitos a intervalos de maior energia. Os autores relacionam esta associação com a Formação Piraquara de Coimbra <i>et al.</i> (2005).

Quadro 6: Associações de fácies da Formação Guabirotuba, por Lima *et al.* (2013).

Garcia *et al.* (2013), mediante análise de palinomorfos, sugerem que a diversidade encontrada aponta para a formação de pequenos alagados de transbordamento fluvial, que criaram condições para o crescimento de pteridófitas, briófitas e angiospermas aquáticas, além de algas. A presença de tartarugas da subordem Pleurodira, Testudines predominantemente aquáticos, reportada por Rogério *et al.* (2012) também foi considerada pelos autores como indicativo de condições mais úmidas do que anteriormente preconizado.

## 4.5 REGISTRO PALEONTOLÓGICO

A Bacia de Curitiba foi considerada como afossilífera até cerca de três décadas devido à ausência de registro de macrofósseis (e.g. MAACK, 1947, BIGARELLA e SALAMUNI, 1962), característica que dificultaria uma análise estratigráfica (BECKER, 1982). Azevedo (1981) constatou a presença de microfósseis tecamebianos, organófitos e restos vegetais micrométricos, em sedimentos atribuídos à Fm. Guabirota. Posteriormente Salamuni (1998) relatou a ocorrência de bolsões de matéria orgânica em argilitos cinza esverdeados da Formação Guabirota. Liccardo e Weinschütz (2010) comunicaram o primeiro registro de vertebrados da bacia, constituído por um dente incompleto atribuído a um crocodiliforme (*Sebecosuchia*) e diversos fragmentos ósseos indeterminados. Restos atribuídos a *Pleurodire* (*Testudines*) foram descritos por Rogério *et al.* (2012) para a Formação Guabirota.

Recentemente, novos registros de fósseis foram notificados para a bacia, ampliando a diversidade faunística conhecida. Sedor *et al.* (2014a) reportaram a descoberta de nova fauna para a Formação Guabirota; Dias e Sedor (2014), apresentaram novos espécimes relacionados a *Sebecosuchia*; Sedor *et al.* (2014b) comunicaram a ocorrência de Aves (*Phorusrhacidae*); diversos grupos de mamíferos foram relatados, como *Metatheria* por Dias *et al.* (2014), *Meridiungulata* por Silva *et al.* (2014b) e *Xenarthra* por Silva *et al.* (2014a). Além desses, Sedor *et al.* (2014b) reportam a ocorrência de fragmentos de *Osteichthyes*, *Amphibia* (*Anura*), icnofósseis de invertebrados e ainda moluscos (*Gastropoda*). Estudo detalhado da fauna de mamíferos da Formação Guabirota está em andamento (SEDOR *et al.*, submetido).

Estudo preliminar sobre aspectos tafonômicos dos fósseis de vertebrados da bacia foi apresentado por Cunha *et al.* (2014), descrevendo características gerais do ambiente deposicional e ressaltando os modos de preservação dos fósseis.

## REFERÊNCIAS

ABEL, O. **Paläontologie und Paläozoologie**. Leipzig: Teubner, 1914.

ALCALÁ, L. **Macromamíferos neógenos de la fosa de Alfambra - Teruel**. 554 f. Tese (Doutorado em Ciências Geológicas) - Instituto de Estudios Turolenses y Museo Nacional de Ciencias Naturales, Teruel, 1994.

ALMEIDA, F. F. M. Novas ocorrências de camadas supostas pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 1, n.1, p. 53-58, 1952.

ALMEIDA, F. F. M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p.15-26, Suplemento, 1976.

ARAÚJO-JÚNIOR, H. I. Classifying vertebrate assemblages preserved in Quaternary tank deposits: Implications for vertebrate taphonomy and paleoecology, **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, V. 445, n. 1, p. 147-152, 2016.

ARCHELA, E. **O sistema de “rifts” da Serra do Mar e as bacias sedimentares associadas**. São Paulo: IGUSP, 1989, 42 p.

ARCHELA, E. **Faciologia e ambientes de sedimentação da bacia de Curitiba**. São Paulo: IGUSP, 1990, 167 p. Relatório científico FAPESP.

ASLAN, A.; BEHRENSMEYER, A. K. Taphonomy and time resolution of bone assemblages in a contemporary fluvial system: The East Fork River, Wyoming. **Palaios**, v. 11, n. 5, p. 411-421, 1996.

AZEVEDO, F. F. Thecamebianas e organófitas na Formação Guabirota. In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. **Atas ...** Curitiba, 1981. 2, p. 226-242.

BECKER, R. M. **Distribuição dos sedimentos cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e morfológica regional**. 180 f. Tese (Doutorado em Geociências) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

BEHRENSMEYER, A. K. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. **Paleobiology**, v. 4, p. 150-162, 1978.

BEHRENSMEYER, A. K. Natural bone distributions on recent land surfaces: implications for archeological site formation. In: **Animals and Archeology: I. Hunters and their prey**. (Eds.) J. CLUTTON-BROCK; C. GRIGSON. British Archeological Reports, Series 163, p. 93-106, 1983.

BEHRENSMEYER, A. K. Vertebrate preservation in fluvial channels. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 63, p. 183-199, 1988.

BEHRENSMEYER, A. K. Terrestrial vertebrate accumulations. In: ALLISON, P.A.; BRIGGS, D.E.G. (eds.) **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**, Plenum Press. p. 291-335, 1991.

BEHRENSMEYER, A. K.; DECHANT-BOAZ, D.E. The recent bones of Amboseli Park, Kenya, in relation to East African paleoecology. In: BEHRENSMEYER, A. K.; HILL, A. P. (eds.) **Fossils in the making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology**. The University of Chicago Press, Chicago, p. 72–92, 1980.

BEHRENSMEYER, A. K.; HOOK, R. S. Paleoenvironmental contexts and taphonomic modes. In: A.K. Behrensmeyer, J.D. Damuth, W.A. DiMichele, R. Potts, H-D. Sues, S.L. Wing (eds.) **Terrestrial Ecosystems through Time**, The University of Chicago Press, Chicago, pp.15-136, 1992.

BEHRENSMEYER, A. K.; KIDWELL, S. M. Taphonomy's contributions to paleobiology. **Paleobiology**, v. 11, n. 1, p. 105-119, 1985.

BEHRENSMEYER, A. K.; WESTERN, D.; DECHANT-BOAZ, D. E. New perspectives in vertebrate paleoecology from a recent bone assemblage. **Paleobiology**, v. 5, n. 1, p. 12-21, 1979.

BERGQVIST, L. P.; ALMEIDA, E. B. Aspectos tafonômicos observados na bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro (Paleoceno Superior). **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 2, p. 133-134, 2001.

BERGQVIST, L. P.; ALMEIDA, E. B.; ARAÚJO-JÚNIOR, H. I. Tafonomia da Assembleia fossilífera de mamíferos da “Fenda 1968”, Bacia de São José de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 14, n. 1, p. 75-86, 2011.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. Estudos preliminares na Série Açungui VII: algumas estruturas singenéticas nos dolomitos da Formação Capiru. **Arq. Biol. Tecn.**, Curitiba, p. 11-197, 1956.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, v. 7, 1962.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R.; AB'SÁBER, A. N. Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 4, p. 71-81, 1961.

CLADERA, G.; RUIGOMEZ, E.; ORTIZ JAUREGUIZAR, E.; BOND, M.; LÓPEZ, G. Tafonomía de la Gran Hondonada (Formación Sarmiento, edad-mamífero Mustersense, Eoceno Medio) Chubut, Argentina. **AMEGHINIANA** (Rev. Asoc. Paleontol. Argent.), v. 41, n. 3, 41, p. 315–330, 2004.

COIMBRA, A. M.; SANT'ANA, L. G.; VALARELLI, J. V. Bacia de Curitiba: estratigrafia e correlações regionais. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 35, **Anais**, 1995, p.135-137.

CUNHA, R. F.; DIAS, E.; SEDOR, F.; FERNANDES, L. A. Taphonomic aspects of vertebrate fossils on Guabirota Formation (Curitiba Basin, Paleogene), Paraná, Brazil. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza. 2014. p. 691.

CUTLER, A. H.; BEHRENSMEYER, A. K.; CHAPMAN, R. E. Environmental information in a recent bone assemblage: roles of taphonomic process and ecological change. **Palaeogeography Palaeoclimatology. Palaeoecology**. V. 149, p. 359–372, 1999.

DIAS, E. V.; OLIVEIRA, E. V.; SILVA, D. D.; SEDOR, F. A. Paleogene Metatheria from the Guabirota Formation, Curitiba Basin, Paraná, Brazil: Taxonomy and fauna correlation. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza. 2014. p. 380.

DIAS, E. V.; SEDOR, F. A. New sebecosuchian ziphodont teeth from the Guabirota Formation, Curitiba Basin (Paleogene), Southern Brazil. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza. 2014. p. 698.

DODSON, P. Sedimentology and taphonomy of the Oldman Formation (Campanian), Dinosaur Provincial Park, Alberta (Canada). **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, Amsterdam, v. 10, p. 21-74, 1971.

DODSON, P. The significance of small bones in paleoecological interpretation. **Contributions to Geology**, v. 12, n. 1, p. 15-19, 1973.

DOZO, M. T.; SCASSO, R. A.; BOUZA, P. J.; CUITIÑO, J. I. Tafonomía de vertebrados continentales del Sitio La Pastosa (Formación Puerto Madryn, Mioceno Tardío) en península Valdés (Chubut, Argentina). **AMEGHINIANA**, v. 48, n. 4, Suplemento 2011–RESÚMENES. R43.

EBERT, H. Observações sobre a litologia e subdivisão do “Grupo Setuva” no Estado do Paraná: com sugestões à tectônica geral do “Geossinclíneo Açungui”. In: 25º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, **Anais**, v. 1, 1971, p. 131-146.

EFREMOV, J. A. Taphonomy: a new branch of paleontology. **Pan Am. Geol.**, v. 74, p. 81-93, 1940.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. Criterios elementales de reelaboración tafonómica en ammonites de la Cordillera Ibérica. **Acta Geológica Hispánica**, v. 19, p. 105-116, 1984.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S.; FERNÁNDEZ-JALVO, Y. The limit between biostratigraphy and fossilization. In: RENZI, M.; PARDO ALONSO, M.; BELINCHON, M.; PEÑALVER, E.; MONTOYA, P.; MARQUEZ-ALIAGA, A. (eds.), **Current topics on taphonomy and fossilization**. I Congreso Internacional de Tafonomía (Valencia), p. 27-36, 2002.

FIORI, A. P.; GASPAR, L. A. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Açungui (Proterozóico Superior), Paraná, Sul do Brasil. **Boletim do Instituto de Geociências**, São Paulo, Série Científica, v. 24, p. 1-19, 1993.

GARCIA, M. J.; LIMA, F. M.; FERNANDES, L. A.; MELO, M. S.; DINO, R.; ANTONIOLI, L.; MENEZES, J. B. Idade e palinologia da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, PR, Brasil. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 2013, Gramado, RS. **Boletim de resumos**, 2013. p. 125.

GUALDA, G. A. R.; VLACH, S. R. F. The Serra da Graciosa A-type Granites and Syenites, southern Brazil. Part 1: Regional setting and geological characterization. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n.3, p. 405-430, 2005.

GRAHAM, R. W. Processes of time-averaging in the terrestrial vertebrate record. In: KIDWELL S.D, BEHRENSMEYER A.K. (eds.) **Taphonomic Approaches to Time Resolution in Fossil Assemblages**: Short Courses in Paleontology, n.6 Knoxville, Tennessee: Paleontological Society, p. 102-124, 1993.

HILL, A. **Taphonomy of contemporary and Late Cenozoic East African vertebrates**. 331 f. Tese não publicada (Doutorado em Filosofia) – University of London, 1975.



JOHNSON, R. G. Models and methods for analysis of the mode of formation of fossil assemblages. **Bulletin of the Geological Society of America**, 71: 1075-1085, 1960.

KIDWELL, S. D.; BEHRENSMEYER, A. K. Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages: introduction. In: KIDWELL S.D, BEHRENSMEYER A.K. (eds.) **Taphonomic Approaches to Time Resolution in Fossil Assemblages**: Short Courses in Paleontology, n.6 Knoxville, Tennessee: Paleontological Society, p. 1-8, 1993.

KIDWELL, S. M.; BOSENCE, D. W. J. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: P.A. Allison & D.E.G. Briggs (eds.) **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**, Plenum Press. p. 115-209, 1991.

KIDWELL, S. M.; FÜRSICH, F. T.; AIGNER, T. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. **Palaios**, v.1, p. 228-238, 1986.

LICCARDO, A.; WEINSCHÜLTZ, L.C. Registro inédito de fósseis de vertebrados na Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 40, n. 3, p. 330-338, 2010.

LIMA, F. M. **Faciologia e ambientes deposicionais da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, PR**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LIMA, F. M.; FERNANDES, L. A.; MELO, M. S.; GÓES, A. M.; MACHADO, D. A. M. Faciologia e contexto deposicional da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba (PR). **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, p. 168-184, 2013.

LYMAN, R. L. **Vertebrate taphonomy**. Cambridge, Cambridge University Press. 524 p. 1994.

MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 2, p. 63-154, 1947.

MACHADO, D. A. M. **Proveniência de sedimentos da Bacia de Curitiba por estudos de minerais pesados**. 54 f. Dissertação de Mestrado – Pós-graduação em Geologia exploratória, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MACHADO, D. A. M.; FERNANDES, L. A.; GÓES, A. M.; MESQUITA, M. J.; LIMA, F. M. Proveniência de sedimentos da Bacia de Curitiba por estudos de minerais pesados. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, p. 563-572, 2012.

MARINI, O. J. **Geologia da Folha de Rio Branco do Sul**. Rio Claro. 190 f. Tese de doutoramento, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Rio Claro, SP, 1970.

MARINI, O. J.; TREIN, E.; FUCK, R. A. O Grupo Açungui no estado do Paraná. In: Bigarella, J.J.; Salamuni, R.; Pinto, V.M. **Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subseqüentes da porção oriental do Estado do Paraná**, Curitiba, UFPR, v. 23-25, p. 43-104, 1967.

MIALL, A. D. Alluvial Deposits. In: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. **Facies Models: response to sea level change**. Toronto, Canada, Geological Association of Canada, second edition, p. 120-139, 1992.

MIALL, A. D. **The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology**. Toronto: Springer Verlag, 1996.

MONTALVO, C. I. Root traces in fossil bones from the Huayquerian (Late Miocene) faunal assemblage of Telén, La Pampa, Argentina. **Acta Geologica Hispanica**, v. 37, n. 1, p. 37-42, 2002.

MONTALVO, C. I. Assemblages of Neogene micromammals from Central Argentina. Case study and actualistic models. **AMEGHINIANA**, v. 48, n. 4, Suplemento 2011–RESÚMENES. R45.

MONTALVO, C. I.; CERDEÑO, E.; ALCALÁ, L. Análisis tafonómico de los macromamíferos del Mioceno superior de Caleufú (La Pampa, Argentina). **Geogaceta**, v. 38, p.115-118, 2005.

MONTALVO, C. I.; MELCHOR, R. N.; VISCONTI, G.; CERDEÑO, E. Vertebrate taphonomy in loess-palaeosol deposits: A case study from the late Miocene of central Argentina, **Geobios**, v. 41, n. 1, p. 133-143, 2008.

MONTALVO, C. I.; TOMASSINI, R. L.; SOSTILLO, R. Leftover prey remains: a new taphonomic mode from the late Miocene Cerro Azul Formation of Central Argentina. **Lethaia**, DOI: 10.1111/let.12140, 2015.

NICHOLS, G. **Sedimentology and Stratigraphy**. 2nd. Edition. Wiley-Blackwell. 432p., 2009.

NICHOLS, G. J.; FISHER, J. A. Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. Elsevier, **Journal of Sedimentary Geology**, v. 195, p. 75-90, 2007.

NOTO, C. Hierarchical Control of Terrestrial Vertebrate Taphonomy Over Space and Time: Discussion of Mechanisms and Implications for Vertebrate Paleobiology. In: P.A. ALLISON; D.J. BOTTJER (eds.) **Taphonomy: Process and Bias Through Time**, Topics in geobiology book series, vol. 32. Taphonomy: Springer, p. 287-336, 2011.

OLSON, E. C. Taphonomy: It's history and role in community evolution. In: A.K. BEHRENSMEYER; A.P. HILL (eds.) **Fossils in the Making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology**, Chicago: The University of Chicago Press, p. 5-19, 1980.

RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G., FERRARI, A.L. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito-Neves, B. B. (Ed.). **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca. p. 383-405, 2004.

ROGERIO, D. W.; DIAS, E. V.; SEDOR, F. A.; WEINSCHÜLTZ, L. C.; MOURO, L. D.; WAICHEL, B. L. Primeira ocorrência de Pleurodira (Testudines) para a Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, Paraná, Brasil. **Gaea - Journal of Geoscience**, vol. 8, n. 2, p. 42-46, 2012.

SALAMUNI, E. **Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR)**. 214 f. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R.; EBERT, H. D. Contribuição à Geologia da bacia sedimentar de Curitiba (PR). **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 47, p. 123-142, 1999.

SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; BORGES, M. S.; HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; SALAMUNI, R. Tectonics and sedimentation in the Curitiba Basin, south of Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.15, p. 901-910, 2003.

SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; HASUI, Y. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 469-478, 2004.

SEDOR, F. A.; DIAS, E. V.; CUNHA, R. F.; ALVARENGA, H. Paleogene phorusrhacid bird (Aves, Phorusrhacidae) from the Guabirotuba Formation, Curitiba Basin, Paraná, South of Brazil. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014a. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza, 2014b, p.807.

SEDOR, F. A.; OLIVEIRA, E. V.; SILVA, D. D.; FERNANDES, L. A.; CUNHA, R. F.; RIBEIRO, A. M.; DIAS, E. V. A new South American Paleogene fauna, Guabirotuba Formation (Curitiba, Paraná State, South of Brazil). In: International Palaeontological Congress, 4, 2014b. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza, 2014a. p. 614.

SEDOR, F. A.; OLIVEIRA, E. V.; SILVA, D. D.; FERNANDES, L. A.; CUNHA, R. F.; RIBEIRO, A. M.; DIAS, E. V. A new South American Paleogene land mammal fauna, Guabirotuba Formation (South of Brazil), **Journal of Mammalian Evolution**, (submetido).

SIGA Jr., O.; BASEI, M. A. S.; REIS NETO, J. M.; MACHIAVELLI, A.; HARARA, O. M. O Complexo Atuba: um cinturão Paleoproterozóico intensamente

retrabalhado no Neoproterozóico. **Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo**, v. 26, p. 69-98, 1995.

SILVA, D. D.; OLIVEIRA, E. V.; SEDOR, F. A. Paleogene Cingulata from the Guabirotuba Formation, Curitiba Basin, Paraná, Brazil: Taxonomy and biochronology. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014a. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza, 2014a. p. 379.

SILVA, D. D.; RIBEIRO, A. M.; DIAS, E. V.; SEDOR, F. A. Paleogene notoungulates from Guabirotuba Formation, Curitiba Basin, Paraná State (South Brazil). In: International Palaeontological Congress, 4, 2014b. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza, 2014b. p. 197.

SIMÕES, M. G.; RODRIGUES, S. C.; BERTONI-MACHADO, C.; HOLZ M. Tafonomia: processos e ambientes de fossilização. In: CARVALHO, Ismar de Souza. (Ed.). **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, n. 3, cap. 3, p. 19-51, 2010.

SHIPMAN, P. 1981. **Life History of a Fossil: an introduction to taphonomy and paleoecology**. Cambridge, Harvard University Press, 222 p.

SHIPMAN, P.; BOSLER, W.; DAVIS, K.L. Butchering of giant geladas at an Acheulian site. **Current Anthropology**, v. 46, p. 77-86, 1981.

SMITH, D. G.; SMITH, N.D. Sedimentation in anastomosed river systems: examples from alluvial valleys near Banff, Alberta. **Journal of Sedimentary Petrology**, V. 50, n. 1, p. 0157-0164, 1980.

SMITH, R. M. H. Vertebrate taphonomy of Late Permian floodplain deposits in the Southwestern Karoo Basin of South Africa. **Palaios**. v. 8, p. 45-67, 1993.

SPICER, R. A. The formation and interpretation of plant fossil assemblages. **Advances in Botanical Research**, v. 16, p. 96-191, 1989.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. 1<sup>o</sup> edição. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda. 400 p. 2003.

TOMASSINI, R. L.; MONTALVO, C. I. Taphonomic modes on fluvial deposits of the Monte Hermoso Formation (early Pliocene), Buenos Aires province, Argentina. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 369, p. 282-294, 2013.

VERZI, D. H.; MONTALVO, C. I.; DESCHAMPS, C. M. Biostratigraphy and biochronology of the Late Miocene of central Argentina: Evidence from rodents and taphonomy. **Geobios**, v. 41, n. 1, p. 145-155, 2008.

VOORHIES, M. R. Taphonomy and populations dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska. **Contributions to Geology**, v. 1, p. 1-69, 1969.

WEIGELT, J. **Rezente wirbeltierleichen und ihre paläobiologische bedeutung**. Leipzig: Max Weg Verlag, 1927.

WEIGELT, J. **Recent vertebrate carcasses and their paleobiological implications**. Chicago: University of Chicago Press. (English translation of Weigelt 1927, by J. Schaefer), 1989.

WEISSMANN, G. S.; HARTLEY, A. J.; NICHOLS, G. J.; SCUDERI, L. A.; OLSON, M.; BUEHLER, H.; BANTEAH, R. Fluvial form in modern continental

sedimentary basins: Distributive fluvial systems. **Geology**, v.38; n. 1; p. 39-42, 2010.

WESTERN, D. Linking the ecology of past and present mammal communities. In: BEHRENSMEYER A.K.; HILL A.P. (eds.) **Fossils in the Making**. Univ. Chicago Press, p. 41-54, 1980.

WING, S. L.; SUES, H. D.; POTTS, R.; DiMICHELE, W. A.; BEHRENSMEYER, A. K. Evolutionary Paleoecology. In: BEHRENSMEYER, A.K.; DAMUTH, J.D.; DiMICHELE, W. A.; POTTS, R.; SUES, H. D.; WING, S. L. (eds.) **Terrestrial Ecosystems through Time**, The University of Chicago Press, Chicago, p. 1-13, 1992.

WOODBURNE, O. M.; GOIN, F. J.; BOND, M.; CARLINI, A. A.; GELFO, J. N.; LÓPEZ, G. M.; IGLESIAS, A.; ZIMICS, A. N. **Paleogene land mammal faunas of South America; a response to global climatic changes and indigenous floral diversity**. Journal of Mammalian Evolution, v. 21, n. 1, p. 1-73, 2013.

ZALÁN, P. V.; OLIVEIRA, J. A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.



## CAPÍTULO II

### RESULTADOS: CONTEXTO PALEOAMBIENTAL E TAFONOMIA DA ASSEMBLEIA FÓSSIL DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA, BACIA DE CURITIBA, PARANÁ<sup>1</sup>

#### RESUMO

A Bacia de Curitiba, situada no segmento meridional do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil, é preenchida por sedimentos cenozoicos referidos como Formação Guabirrotuba, a qual é constituída por depósitos de sistemas distributários fluviais, sob condições de clima semiárido com estações úmidas bastante pronunciadas. Este trabalho estabeleceu a relação entre fósseis e contexto deposicional da unidade onde ocorrem para compreender a gênese e preservação da assembleia fóssil. A integração destes dados auxiliou no reconhecimento de duas fases marcadas pela mudança no contexto deposicional e, como resultado, três modos tafonômicos puderam ser interpretados: (1) formas de leito arenosas em canais (2) barra arenosa de acreção a jusante e (3) depósitos de planície de inundação. A primeira fase é caracterizada pelo predomínio de rios entrelaçados em sistemas de distributários fluviais onde ocorrem os modos tafonômicos 1 e 2. Neste contexto, os fósseis eram incorporados aos grandes canais nas planícies entrelaçadas durante períodos de alta vazão ou em enxurradas. Partes associadas de organismos autóctones preservaram-se em barras estabilizadas, experimentando apenas remobilização *in loco*. A segunda fase compreende um sistema de planícies fluviais distais, dominado por rios efêmeros de baixa energia, e que compreende os modos tafonômicos 1 e 3. Neste cenário, enchentes esporádicas e consequente avulsão dos canais promoviam o retrabalhamento da planície e inundações laminares transportavam elementos de menor porte por curtas distâncias para baixios onde se acumulavam. Elementos mais robustos como crânios e mandíbulas permaneciam como depósitos residuais em canais. Todos os modos tafonômicos apresentam evidências de retrabalhamento, porém tal característica é mais acentuada nos depósitos de sistemas de planícies fluviais distais (fase 2). A fauna Guabirrotuba pode ser classificada como parautóctone, em virtude do ambiente com características de transporte a curtas distâncias, em que os organismos foram transportados, porém sem sair do habitat original. Devido à presença de fósseis em todos os níveis estratigráficos e mistura de elementos com diferentes graus de preservação, propõe-se que a fauna local tenha experimentado eventos cíclicos de mortalidade, acumulando-se ao longo do tempo.

Palavras-chave: Ambiente sedimentar, Paleogeografia, Bioestratinomia

---

<sup>1</sup> Artigo a ser submetido ao periódico *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (em inglês).

## ABSTRACT

The Curitiba Basin is located in the southern segment of the Southeastern Brazil Cenozoic Rift System and filled by Cenozoic sediments known as Guabirotuba Formation, which is characterized by transition deposits of a fluvial distributary system under semi-arid climatic conditions with fairly pronounced wet seasons. This research aims to establish the relationship between fossils and depositional context of this unit, intending to understand the genesis and preservation of fossil assemblage. The integration of these data aided on the recognition of two stages characterized by a change in depositional environment and, as a result, three taphonomic modes could be interpreted: (1) sandy bedforms within channels, (2) sandy bar accretion downstream and (3) floodplain deposits. The first stage is characterized by the predominance of braided rivers in fluvial distributary systems where taphonomic modes 1 and 2 were identified. In this context, fossils were incorporated into large channels in the braided plains during high flow periods or flash floods. Associated bones of a same autochthonous organism were preserved in stabilized bars, experimenting only remobilization *in loco*. The second stage comprises a system of distal fluvial plains, dominated by ephemeral rivers of low energy, and consists of taphonomic modes 1 and 3. In this scenario, sporadic floods and consequent channel avulsion promoted reworking of the floodplain and laminar floods carried smaller elements for short distances to shallows, where they accumulated. More robust elements such as skulls and jaws remained as residual deposits in channels. All taphonomic modes show evidence of reworking, but this characteristic is more pronounced in deposits of distal floodplains systems (stage 2). The Guabirotuba fauna can be classified as parautochthonous, due to the environment characteristics at transport over short distance, where the organisms were transported but without leaving the original habitat. Due to the presence of fossil in all stratigraphic levels and mixing of elements with different degrees of preservation, it is proposed that the local fauna have experienced cyclic event of mortality and accumulate over time.

Keywords: Sedimentary environment, Paleogeography, Biostratinomy

## 1. INTRODUÇÃO

O Cenozóico inicial da América do Sul é constituído de ecossistemas únicos de plantas e animais, quando comparado com aquelas que ocupavam o continente norte Americano (WOODBURNE *et al.*, 2013).

Até o momento, sítios fossilíferos Paleógenos brasileiros estão restritos a poucas unidades como a Formação Maria Farinha (Paleógeno inicial), Bacia de Itaboraí (Eoceno inicial), Bacia Aiuruoca (Eoceno-Oligoceno) e Bacia de Taubaté (Oligoceno tardio) (SEDOR *et al.*, 2014a). Até os anos 1980 não havia evidências de restos fósseis na Bacia de Curitiba, até que Azevedo (1981) registrou a ocorrência de microfósseis tecamebianos na Formação Guabirotuba. Posteriormente, Liccardo e Weinschültz (2010) reportaram fósseis de vertebrados na unidade com restos de crocodilianos e Rogerio *et al.* (2012), restos de tartarugas. Depois disso, novos achados foram registrados na bacia (DIAS *et al.*, 2014; DIAS e SEDOR, 2014; SEDOR *et al.*, 2014a; SEDOR *et al.*, 2014b; SILVA *et al.*, 2014a; SILVA *et al.*, 2014b). A importância desta nova fauna no contexto paleógeno brasileiro e sul-americano deve-se ao descobrimento de diversos novos táxons de mamíferos e outras ocorrências já conhecidas de outras localidades na América do Sul. Portanto, esses fósseis representam registros importantes que permitirão estudos de evolução de mamíferos, fornecendo novos dados para futuras pesquisas relacionadas à paleogeografia e paleoecologia.

Estudos tafonômicos que abordam tafocenoses continentais na América do Sul anterior ao Pleistoceno são escassas (e.g. BERGQVIST *et al.*, 2001; MONTALVO, 2002; CLADERA *et al.*, 2004; MONTALVO *et al.*, 2005; MONTALVO *et al.*, 2008; VERZI *et al.*, 2008; DOZO *et al.*, 2011; TOMASSINI e MONTALVO, 2013; BERGQVIST *et al.*, 2011; MONTALVO *et al.*, 2011; MONTALVO *et al.*, 2015; CUNHA *et al.*, 2014). À vista disso, o presente trabalho visa contribuir ao entendimento dos processos envolvidos na gênese de uma nova acumulação fóssil da Bacia de Curitiba.

A proposta de produzir um modelo tafonômico para esta acumulação resulta da necessidade do entendimento de processos que originaram essa tafocenose e o contexto paleoambiental em que está inserida. Esta abordagem

poderá também auxiliar em futuras interpretações bioestratigráficas e geocronológicas.

## 2. CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia de Curitiba pertence à porção meridional do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (RICOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 2004), um sistema de *horsts* e hemi-grábens resultante da subsidência tectônica durante o Cenozoico, principalmente no período Paleógeno (ALMEIDA, 1976; MELO *et al.*, 1985; RICCOMINI *et al.*, 2004; ZALÁN e OLIVEIRA, 2005). De acordo com Riccomini *et al.* (2004), este sistema de riftes se manteve ativo ao longo do Cenozoico e com variações nos intervalos de idade das sequências sedimentares em cada bacia. Similarmente a outras bacias deste sistema, como Itaboraí, Volta Redonda, Resende, Taubaté e São Paulo, o relevo do embasamento foi controlado por falhas regionais de direção nordeste-sudoeste, e secundariamente, noroeste-sudeste (SALAMUNI *et al.*, 2003).

### 2.1. ESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTE

A bacia cobre área de 3,000 km<sup>2</sup> e possui espessura máxima preservada de sedimentos em torno de 90 m. Os fósseis conhecidos ocorrem na Formação Guabirota, unidade constituída por depósitos sedimentares de sistemas de distributários fluviais onde ocorrem lamas imaturas e areias normalmente subarcosianas com intercalações conglomeráticas restritas às bordas da bacia (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962; LIMA *et al.*, 2013). Bigarella e Salamuni (1962) relacionaram a deposição a sistemas de leques aluviais marginais desenvolvidos sob clima semiárido (depósitos de *bajada*) durante o Plio-Pleistoceno. Os autores propuseram ainda uma alternância entre os períodos de semiaridez com épocas menos secas, fato corroborado pelo elevado teor de

sedimentos clásticos finos, estes gerados através da decomposição química de rochas cristalinas em torno da bacia. Segundo Bigarella *et al.* (1961) rios efêmeros e com grande carga de sedimentos inundavam o vale durante as estações chuvosas, formando lagos que secavam nas épocas de estiagem. A abundante quantidade de lama e a ausência de depósitos eólicos ou de feições sedimentares de exposição indicam contexto deposicional em condições climáticas predominantemente úmidas, com alternância de períodos mais secos, indicados pela ocorrência de intervalos de calcretes na unidade. A presença de tartarugas predominantemente aquáticas da subordem Pleurodira reportada por Rogério *et al.* (2012) também foi considerada como indicativo de um ambiente deposicional fluvio-lacustre, sustentando interpretações anteriores (BIGARELLA *et al.*, 1961; SALAMUNI *et al.*, 1999; LICCARDO e WEINSCHÜTZ, 2010). Becker (1982) descreveu camadas de cascalho, areia e argila vermelha de até 5 m de espessura em contato erosivo acima da Formação Guabirotuba, nomeando-as Formação Tinguís. A autora ainda propôs a designação de Formação Boqueirão para os depósitos arenosos pleistocênicos de fundo de vale. Salamuni *et al.* (1999), entretanto, consideraram que a unidade Boqueirão estaria localizada em possíveis vales de paleodrenagens, podendo representar uma situação pretérita dos depósitos de várzea, formados a partir do Holoceno. Dessa forma, tais depósitos não poderiam ser dissociados, em termos evolutivos, dos aluviões atuais. Coimbra *et al.* (1995) atribuíram os depósitos de argilas de planície de inundação intercaladas a areias de rompimento de dique marginal a sistemas meandranes sob a designação de Formação Piraquara. Os autores também correlacionaram as formações Guabirotuba e Resende, estando ambas envolvidas em um sistema de leques aluviais associados a planícies fluviais de rios entrelaçados, em contexto *rift*, no limite Eoceno tardio-Oligoceno inicial. Baseado em modelos de evolução tectônica e revisão regional, Samaluni *et al.* (2003) propuseram a seguinte organização estratigráfica para a bacia: a) Formação Guabirotuba, b) Formação Tinguís e c) depósitos alúvio-coluviais de fundo de vale. A Figura 1 mostra uma síntese das propostas estratigráficas para a Bacia de Curitiba.

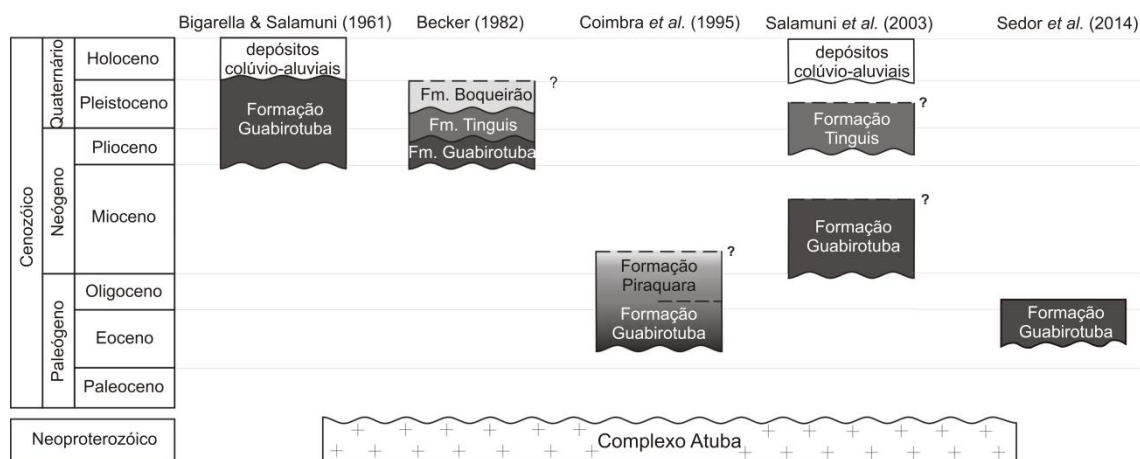


Figura 1: Unidades litoestratigráficas para a Bacia de Curitiba, e respectivo intervalo de tempo, conforme propostas anteriores dos autores.

Estudos recentes baseados nas novas ocorrências fósseis na bacia, especialmente na presença do tatu *Utaetus cf. buccatus* e outros táxons, Sedor *et al.* (2014a) propuseram um alcance preliminar para a fauna do Guabirotuba e portanto, para a Formação Guabirotuba, entre o Eoceno médio e Oligoceno inicial.

A partir da análise dos elementos arquitetônicos em exposições de superfície, Lima *et al.* (2013) identificaram seis associações de fácies depositadas por tratos de sistemas distributários fluviais em ambiente continental (Figura 2). Segundo os autores, as associações A, B, C, D correspondem às de zonas proximais, intermediárias e distais de sistemas distributários fluviais (Figura 2a a 2c). Rumo a oeste, a transição entre as associações é acompanhada de redução gradual na granulação dos sedimentos e do aumento na diversidade de fácies depositadas por processos fluviais em canais e planície de inundação.

Além disso, Lima *et al.* (2013) reconheceram que as características texturais dos depósitos da Associação E correspondem as descritas por Becker (1982) como Formação Tinguís. A partir da distribuição restrita, arquitetura deposicional e rumo de paleocorrentes, interpretam que a deposição da Associação E ocorreu em contexto de sistemas distributários fluviais com gradiente de declividade e proveniência sedimentar diferentes em relação aos de leste (Figura 2e).

Coimbra *et al.* (1995) propuseram o nome Formação Piraquara a sedimentos da Bacia de Curitiba que interpretaram como depósitos de sistema fluvial meandrante. Sua área de ocorrência coincide em parte com aquela em que Lima *et al.* (2013) identificou a Associação de fácies F, cuja arquitetura deposicional é similar à dos depósitos referidos por aqueles autores. Contudo, Lima *et al.* (2013) a consideraram contemporânea às demais associações da Formação Guabirotuba devido à ausência de referenciais estratigráficos. Consideraram ainda que a tendência regional das paleocorrentes na porção nordeste da bacia, indica que a deposição desta associação ocorreu em contexto distal, em sistemas distributários fluviais, possivelmente modificados por rede de drenagem localmente anômala ou axial à bacia (Figura 2f).

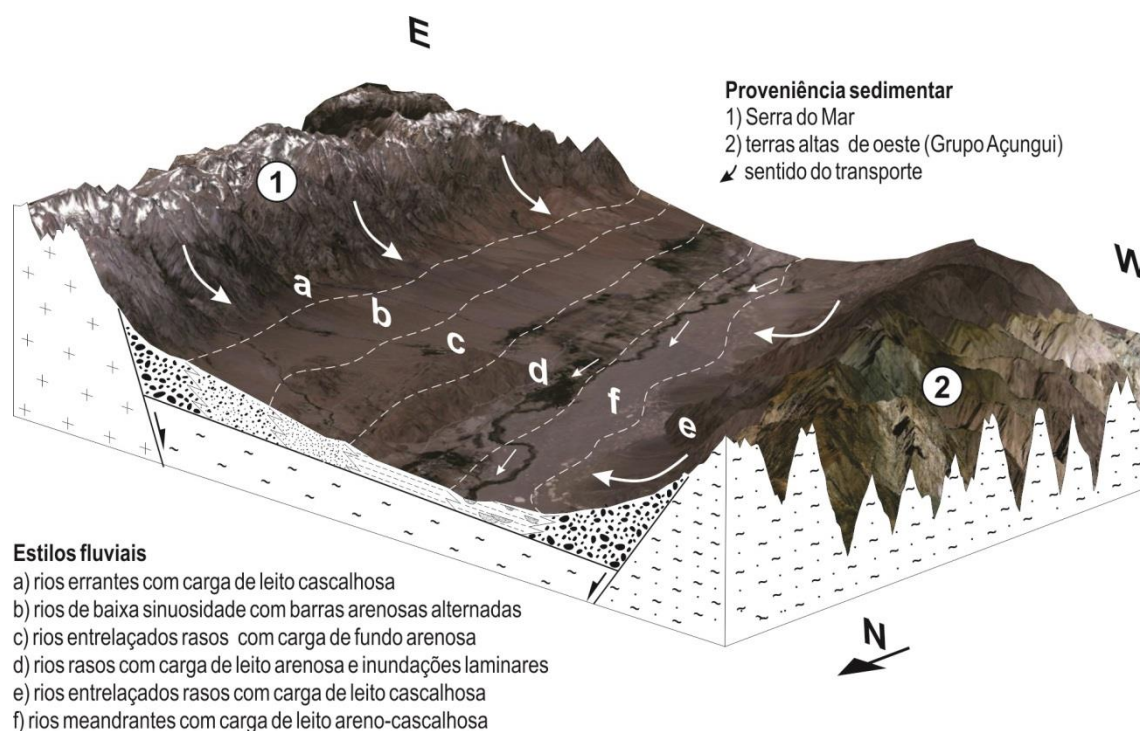


Figura 2: Distribuição das associações de fácies no contexto do sistema de distributários fluviais da Bacia de Curitiba, conforme Lima *et al.* (2013).

Garcia *et al.* (2013) sugeriram através de análise de palinomorfos na Bacia de Curitiba, que a diversidade detectada aponta para a formação de pequenos alagados de transbordamento de rios, o qual criava condições propícias para o crescimento de samambaias, musgos, angiospermas aquáticas e algas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. PROCEDIMENTOS DE CAMPO

Os fósseis provêm de um único sítio localizado no limite sudeste dos municípios de Curitiba e Araucária (Figura 3). A área de estudo compreende depósitos sedimentares da Formação Guabirota, com exposições do embasamento consistindo de rochas granitoides e gnáissicas do pré-Cambriano do Complexo Atuba. Os fósseis analisados somam a quantia de 1185 espécimes, a maioria depositada no Museu de Ciências Naturais, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná (MCN-SCB-UFPR) e alguns espécimes depositados no Cenpaleo-Mafra, Santa Catarina.

A coleta de dados de fósseis *in situ* visou estabelecer a relação entre restos fósseis e associações de facies da Formação Guabirota. A coleta e análise de dados foram baseadas em métodos aplicados por Smith (1993), usando informações sobre a desarticulação, intemperismo ósseo e tipos de danos pré-fossilização, assim como análise de fácies com as ocorrências fósseis. Informações adicionais como densidade e arranjo espacial de fósseis, grau de abrasão e representatividade esquelética foram baseados em Behrensmeyer (1991) e Shipman (1981). A determinação da susceptibilidade ao transporte hidráulico foi baseada nos grupos de transportabilidade de Voorhies (1969) e a classificação de fácies e ambientes deposicionais seguiram propostas de Miall (1996) e Nichols e Fisher (2007).

Foram realizados painéis de seções gráficas para interpretação do sistema deposicional com cada litotipo, principais superfícies de contato, estruturas sedimentares e tectônicas. A exata posição espacial de cada espécime incorporado no afloramento foi documentada a partir fotomosaicos de exposições sedimentares.



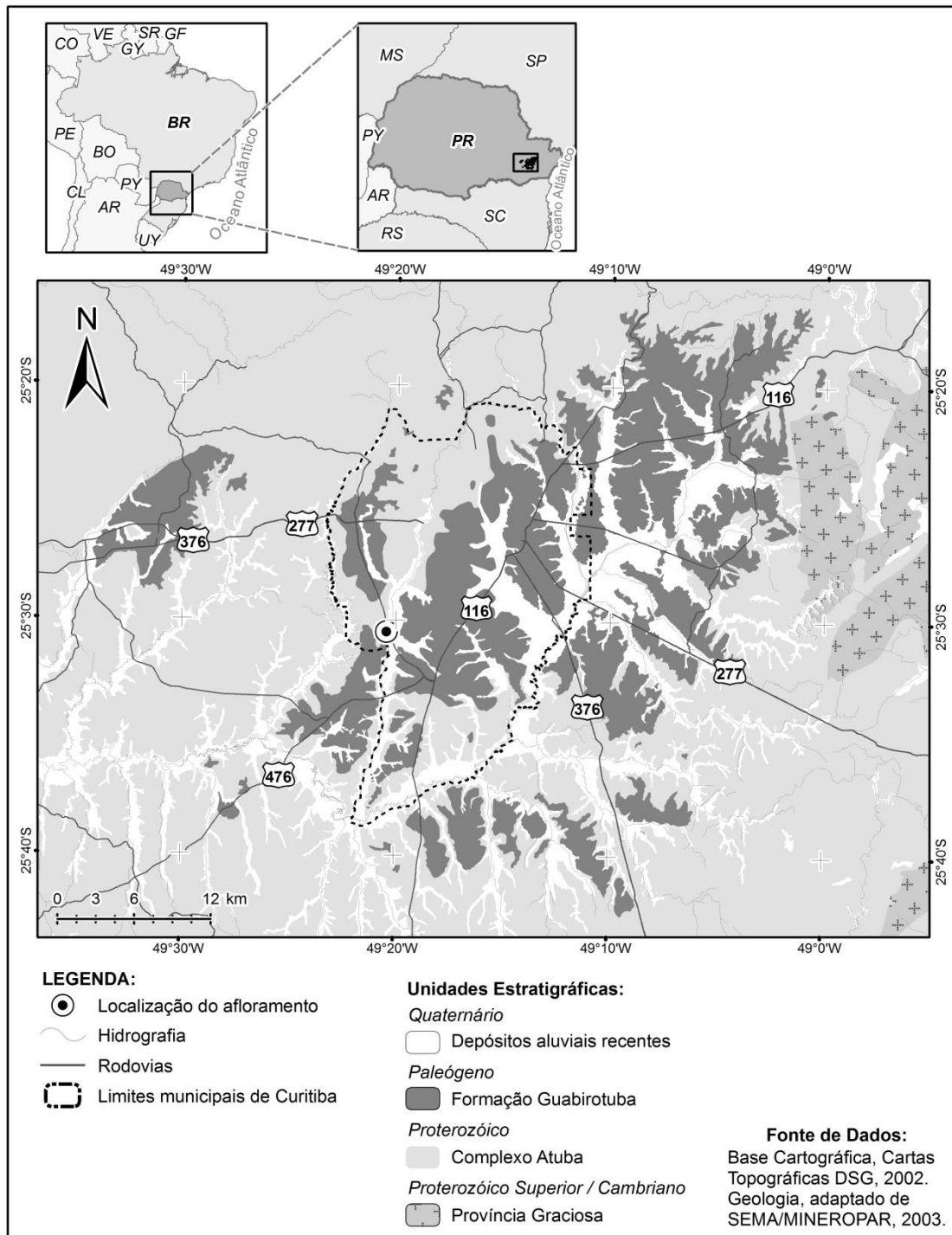


Figura 3: Localização do sítio paleontológico na Bacia de Curitiba.

### 3.2. ANÁLISE TAFONÔMICA

As primeiras descobertas de fósseis de vertebrados na Formação Guabirota foram realizadas por Liccardo e Weinschütz (2010). Desde então, a maior parte da coleta fóssil não foi executada com rigor metodológico para estudos tafonômicos. No entanto, todos os fósseis com ou sem dados de matriz sedimentar foram analisados em laboratório, de acordo com os seguintes atributos: (A) composição taxonômica; (B) representatividade esquelética; (C) grau de fragmentação; (D) fraturas; (E) intemperismo ósseo; (F) grau de abrasão e corrosão; (G) grau de desarticulação. Foram examinados tanto elementos identificáveis como espécimes muito fragmentados com determinação anatômica impraticável.

A composição taxonômica foi baseada em estudos prévios publicados acerca da fauna da Bacia de Curitiba (LICCARDO e WEINSCHÜTZ, 2010; ROGERIO *et al.*, 2012; DIAS *et al.*, 2014; DIAS e SEDOR, 2014; SEDOR *et al.*, 2014a; SEDOR *et al.*, 2014b; SILVA *et al.*, 2014a; SILVA *et al.*, 2014b) e é mostrada no Quadro 1. Devido ao caráter recente das descobertas, a determinação taxonômica é bastante preliminar e estudos adicionais estão em curso como Sedor *et al.*, submetido.

A avaliação da integridade do elemento anatômico e a porção preservada foram feitas através da representação esquelética seguindo Shipman (1981). Os elementos foram comparados com partes homólogas de taxons conhecidos.

Em relação à quebra, os fósseis foram examinados sobre a localização e tipos de fraturas, de acordo com a classificação de Shipman *et al.* (1981). Nesta pesquisa, as fraturas foram analisadas apenas em ossos longos, o que reflete melhor o agente causador da feição.

Os efeitos da exposição a agentes químicos e físicos em elementos ósseos, tais como mudanças de temperatura, umidade e química do solo reflete o estado de intemperismo sobre os restos. A classificação foi baseada na escala de Behrensmeyer (1978) em ossos de mamíferos modernos expostos em condições semiáridas, adaptadas ao contexto desta pesquisa. Estado (1) é constituído por elementos sem desgaste aparente, e o perióstio

está bem preservado; estado (2) o desgaste é fraco, ossos exibem poucas quebras na superfície do osso, geralmente paralela à estrutura da fibra; estado (3) intemperismo intermediário, com a superfície óssea descamando através de fissuras longitudinais até que a maioria da superfície externa é perdida; estado (4) intemperismo forte, a superfície óssea mostra fissuras longitudinais e radiais, e porções de osso esponjoso podem ser visíveis ao longo do eixo; estado (5) intemperismo extremamente alto, superfície do osso visivelmente áspera e enrugada e todo o perióstio pode ter sido perdido. Nesta fase, a forma do osso original está quase irreconhecível.

---

OSTEICHTHYES indet.	
AMPHIBIA	
Anura	
TESTUDINES	
Pleurodira	
CROCODYLIA	
Sebecosuchia	
CARIAMIFORMES	
Phorusrhacidae	
SPARASSODONTA	
	<i>Patene</i> sp.
POLYDOLOPIMORPHIA	
	<i>Wamradolops</i> sp.
	Polydolopimorphia basal
XENARTHRA	
Cingulata	
	Família indet.
	<i>Eocoleophorus</i> n. sp.
	<i>Machlydotherium</i> sp.
	Dasypodidae
	<i>Utaetus</i> cf. <i>U. buccatus</i>
	<i>Utaetus</i> sp.
	<i>Amblytatus</i> sp.
	<i>Meteutatus</i> aff. <i>M. lageniformis</i>
	<i>Archaeutatus</i> sp.
	<i>Prozaedyus</i> aff. <i>P. planus</i>
	<i>Stegotheriini</i> indet.
NOTOUNGULATA	
	Interatheriidae
	Notopithecinae
	Henricosborniidae

---

Quadro 1: Lista dos vertebrados fósseis da fauna da Formação Guabirrotuba (segundo LICCARDO e WEINSCHÜLTZ, 2010; ROGERIO et al., 2012; DIAS et al., 2014; DIAS e SEDOR, 2014; SEDOR et al., 2014a; SEDOR et al., 2014b; SILVA et al., 2014a; SILVA et al., 2014b).

O grau de abrasão foi medido pela intensidade de suavização de arestas e vértices dos ossos, devido ao atrito causado pela colisão e desgaste com

outras partículas durante o transporte. Três classes de abrasão foram usadas, de acordo com Shipman (1981), (1) sem abrasão; (2) abrasão moderada; e (3) forte abrasão.

De acordo com o padrão de desarticulação dos restos esqueléticos, foram estabelecidas cinco classes tafonômicas (A-E apresentados no Quadro 2), desde esqueletos articulados a ossos isolados completos e/ou fragmentados, refletindo a intensidade do transporte e tempo pré-soterramento experimentado por cada fóssil.

<b>Classe tafonômica</b>	<b>Condição</b>	<b>Duração do período <i>post-mortem</i>/pré-soterramento final</b>
A	esqueleto completo articulado	muito curto
B	esqueleto parcial – elementos associados do mesmo indivíduo	curto
C	crânio com mandíbula; crânio sem mandíbula; hemimandíbula/dentário	longo
D	ossos e dentes isolados e/ou fragmentados (vértebras, costelas, ossos do esqueleto apendicular)	muito longo
E	aglomeração de ossos ou dentes pequenos	muito longo

Quadro 2: Classes tafonômicas baseadas no grau de desarticulação esquelética.

## 4. TAFONOMIA DE VERTEBRADOS E CONTEXTO DEPOSICIONAL

### 4.1. CONTEXTO DEPOSICIONAL E DISTRIBUIÇÃO DOS FÓSSEIS

Após estudo detalhado das seções, foi possível estabelecer quatro associações de fácies de acordo com os elementos arquitetônicos e predomínio da classe tafonômica associada (Figura 4). A síntese das associações de fácies e classes tafonômicas relacionadas é apresentada no quadro 3. A sequência sedimentar na área de estudo possui 20 m de espessura máxima.



Figura 4: Área de estudo com as associações de fácies das ocorrências fósseis (modificado de Google Earth, acesso em 25/01/ 2016)

#### 4.1.1. Associação de Fácies 1

A base dos depósitos na área consiste em estratos com 4 m de espessura compostos por areias grossas com grânulos esparsos e estratificação cruzada acanalada incipiente (fácies St), que se assentam diretamente sobre rochas do embasamento. Outra seção adjacente, com 6 m de espessura, apresenta fácies de areias finas a lamias (Fm) intercaladas com camadas delgadas de larguras centimétricas a métricas de calcretes pedogenéticos (feições pedogenéticas Plc) sobre a fácies St.

As fácies de areias grossas correspondem a barras de acreção à jusante (elemento DA) e, acima, estão os depósitos finos de transbordamento (elemento FF) com feições pedogenéticas (Figura 5). Estes depósitos são limitados por superfícies de quarta ordem.

A única ocorrência de esqueleto parcial, ou elementos associados ao mesmo indivíduo (classe tafonômica B, elemento arquitetônico DA, Figura 6a) provém desta associação. Corresponde a osteodermos e esqueleto apendicular parcial associados do Cingulata do gênero *Utaetus*. O material não apresenta feições de exposição pré-soterramento e não há indícios de abrasão por transporte, entretanto algumas quebras pós-fossilização são observadas

em alguns osteodermos. Outros elementos ósseos completos (classe tafonômica D, elemento arquitetônico DA, Figura 6b) atribuídos a aves e ungulados ocorrem também nesta associação.

#### **4.1.2. Associação de Fácies 2**

A associação é composta por unidades descritas em dois cortes perpendiculares e contíguos à seção anterior e consiste em estratos tabulares de areias finas a médias com estratificações cruzada acanalada e tabular incipientes (fácies St e Sp, respectivamente), marcadas por orientação de clastos achatados e alongados, paralelos à estratificação. Estas sucessões possuem espessura da ordem de 2 m e atingem até 30 m de largura. Cascalhos polimíticos de estrutura maciça e matriz lamosa (fácies Gmm) constituem a base desses corpos. Da base para o topo desta associação ocorre transição para areias mais finas e dobras convolutas, registro de perturbação na estratificação, na porção superior. Estratos adelgaçados arenosos com cimentação carbonática (feições pedogenéticas Plc) com larguras que variam de poucos metros a camadas com mais de 20 m de comprimento, interpõem corpos lamosos (fácies Fm) que constituem o topo desta associação.

A fácies Gmm constitui depósitos de formas de leito (elemento GB) em canais fluviais de grande porte (elemento CH). Sobre estes, assentam-se depósitos de formas de leito arenosas (elemento SB), constituídos pela fácies St e limitados por superfície de quarta ordem. Nesta sucessão, os canais ocorrem sobre depósitos de finos de planície de inundação (fácies Fm, elemento FF), configurando superfícies erosivas de quinta ordem. Rizólitos de diâmetros variando de 5 a 10 cm, preenchidos por carbonato, ocorrem isolados ou em pequenos aglomerados na base desta associação. O topo da unidade é marcado por uma espessa sequência de elementos de planície de inundação (FF, fácies Fm) entremeados com feições pedogenéticas (Plc), indicando a existência de processos pedogenéticos incipientes, com o desenvolvimento de horizontes carbonáticos de tramas de raízes. Formas de leito arenosas (elemento SB, fácies Sp) de menor espessura ocorrem na base destes

depósitos, intercalando-se lateralmente com os elementos da planície de inundação (Figura 5).

Os fósseis nesta unidade estão associados aos depósitos de formas de leito arenosas em grandes canais (elemento SB) como classes tafonômicas C e D (hemimandíbulas/dentário e ossos/dentes isolados e/ou fragmentados, respectivamente). Ressalta-se a recorrência da classe tafonômica C (hemimandíbulas/dentário) neste tipo de depósito (elemento arquitetônico SB, Figura 6a), constituindo fósseis fragmentários, usualmente representados por hemimandíbulas destituídas da porção proximal. Apresentam graus variados de intemperismo, desde elementos sem evidências de exposição pré-soterramento a mandíbulas com fissuras longitudinais e com a base do *corpus* ausente, consequência da propagação das quebras resultante da exposição (Figura 10a). Outros elementos fragmentários (classe D) são também recorrentes nestas fácies, como fragmentos de placas de tartaruga, osteodermos de tatu e fragmentos de vértebras e do esqueleto apendicular. Estes elementos também apresentam graus de intemperismo e abrasão variados, com predomínio de graus de alteração intermediários, embora haja dominância de elementos fragmentários (Figuras 6b e 9a-e).

#### 4.1.3. Associação de Fácies 3

Os depósitos dessa associação correspondem a estratos que alcançam 20 m de comprimento e espessuras que variam de 10 a 20 cm, compostos por areias finas a médias com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (fácies Sp). Estas areias estão cimentadas por carbonato de cálcio (feições pedogenéticas Plc), formando crostas que por vezes apresentam pequenas galerias de organismos invertebrados. Fácies de granulação mais fina constituídas principalmente por lamas maciças (fácies Fm) apresentam-se usualmente com aspecto mosqueado devido ao acúmulo de nódulos de cimento carbonático (feição pedogenética Pnc).

Tais depósitos correspondem a deposição em planícies de inundação (elemento FF), em que as fácies de areias com estratificação tabular (fácies Sp) representam depósitos de inundações laminares (elemento LS) resultantes de transbordamentos de canais de pequeno porte (elemento CH). As fácies de

lama maciça (Fm) correspondem às porções mais distais destas inundações, ou a eventos de transbordamento de menor energia, limitando-se às areias, abaixo, com superfícies de quarta ordem. A ocorrência de escavações de organismos invertebrados nos estratos cimentados por carbonatos (feições pedogenéticas Plc), penecontemporâneos à formação destas fácies, sugere momentos de relativa estabilidade no ambiente, com pouco aporte de sedimentos, para o desenvolvimento de atividades biogênicas.

Nesta associação, os fósseis possuem densidade espacial de cerca de 8 fósseis por m<sup>2</sup>, com elementos medindo até 1 cm (classe tafonômica E, aglomeração de ossos ou dentes pequenos no elemento arquitetônico FF, Figura 6a). Nesta área, os restos estão dispersos irregularmente e sem orientação preferencial tanto em planta como em perfil. A assembleia possui representação esquelética e taxonômica variada, composta por hemimandíbulas parciais de peixes e mamíferos, vértebras, fragmentos de costelas, osteodermos de tatu e crocodilos, ossos longos de anfíbios, e dentes de mamíferos e crocodilos, com maior porcentagem apresentando pouco ou nenhum sinal de abrasão e intemperismo, porém a maior parte mostra-se fragmentada (Figura 6b).



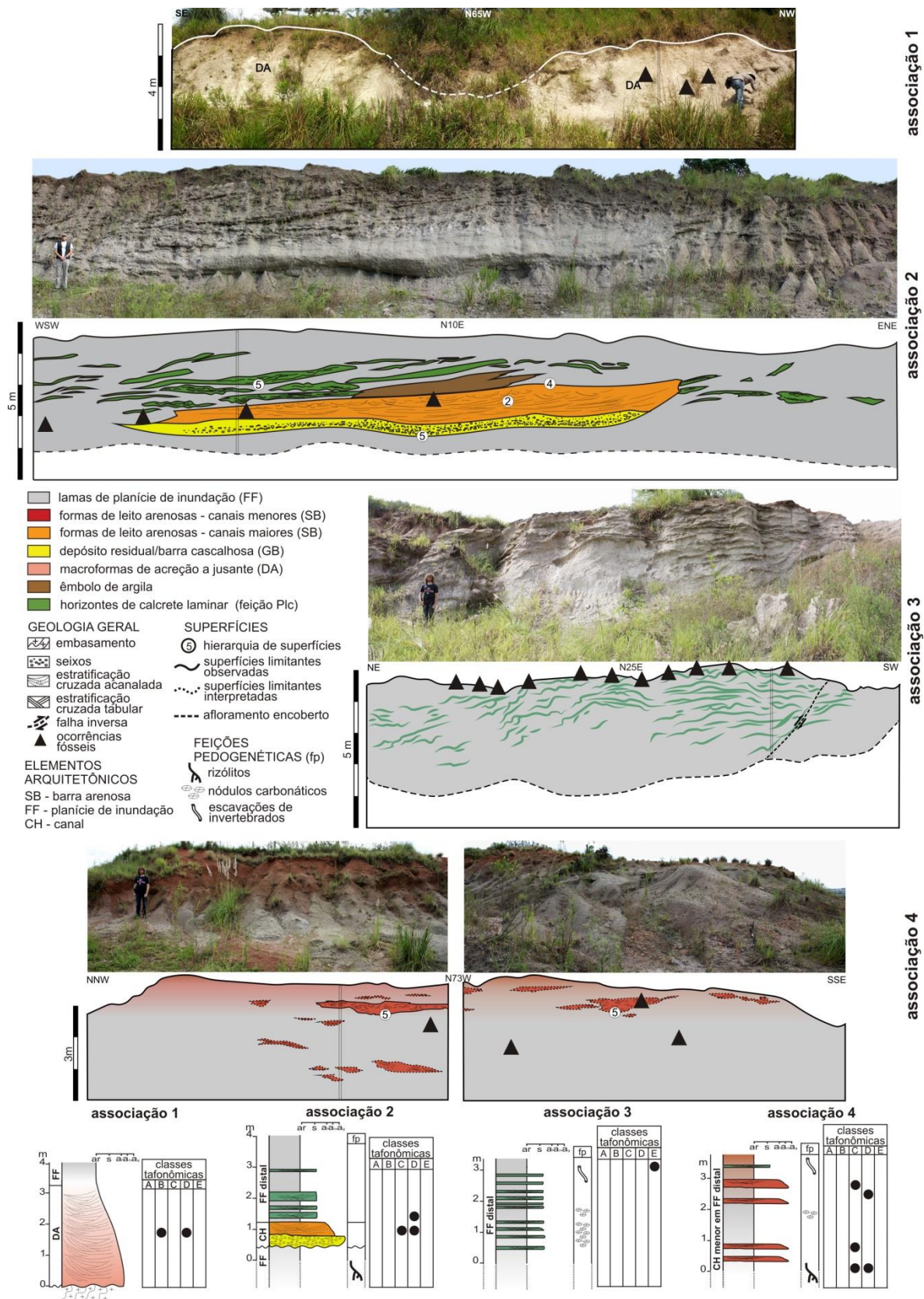


Figura 5: Seções transversais e colunares representativas de cada associação de fácies. As classes tafonômicas (A-E) referem-se ao quadro 2. Códigos de fácies e elementos arquitetônicos, de acordo com Miall (1996). *Gmm*, Cascalho sustentado por matriz; *Sp*, Areia com estratificação cruzada tabular; *St*, Areia com estratificação cruzada acanalada; *Fm*, Lama maciça; *Plc*, Calcretes pedogenéticos laminares; *Pnc*, Calcretes pedogenéticos nodulares.

#### 4.1.4. Associação de Fácies 4

A última associação, correspondente ao topo da sucessão na área de estudo, constitui-se por corpos contínuos e de extensões não observáveis de lamas cinza esverdeadas (fácies Fm) intercaladas por estratos arenosos com estratificação cruzada tabular (fácies Sp), ou maciços com gradação normal (fácies Sm). A sucessão vertical possui espessuras variadas, dependendo da área de corte do afloramento, sendo possível, por vezes, observar os elementos arquitetônicos em planta. Estratos arenosos de menor porte com feições acanaladas, em corte, com espessuras de cerca de 40 cm e larguras da ordem de 3 a 5 m, são usualmente preenchidos pelas areias com estratificação cruzada tabular (fácies Sp) ou por areias maciças (fácies Sm) contendo grãos ou seixos subordinados. Feições de maior porte semelhantes às camadas de aspecto tabular presentes na associação 3, são constituídas usualmente por areias com estratificação cruzada tabular incipiente (fácies Sp) e possuem larguras da ordem de 20 m e espessuras que podem alcançar mais de 1 m. Feições pedogenéticas repetem-se verticalmente e horizontalmente nesta unidade, como nódulos de carbonato (feições pedogenéticas Pnc), que ocorrem em concentrações geralmente próximas aos estratos arenosos, bem como rizólitos com preenchimento de carbonato de cálcio, usualmente na base das lamas maciças. Calcretes de aspecto laminar (feições pedogenéticas Plc) ocasionalmente abrigam galerias de organismos invertebrados.

A intercalação de estratos arenosos maciços (fácies Sm) ou com estratificação cruzada tabular (fácies Sp) em lamas maciças, está relacionada a eventos de inundações laminares (elemento LS) em planície de inundação. Depósitos de formas de leito arenosas (elemento SB) são frequentes como preenchimento de canais de pequeno porte (elemento CH), geralmente constituídos por areias com estratificação cruzada tabular (fácies Sp) (Figura 5). No entanto, nesta associação, verifica-se menor frequência nos eventos de maior energia, relacionados às fácies Sm e Sp. As fácies lamosas (Fm), relacionadas a pulsos de menor energia ou porções distais das inundações laminares, também apresentam maiores espessuras que as da sequência anterior. As superfícies que delimitam as bases dos pequenos canais são de quinta ordem, e eventos com variação de intensidade marcada pela

intercalação de lamas e areias são limitados por superfícies de quarta ordem. Associado à maior ocorrência de rizólitos na base destes corpos lamosos supõe-se ter havido intervalos de baixa sedimentação, promovendo o desenvolvimento de vegetação.

A predominância de ocorrências de fósseis se dá nas fácies lamosas (Fm) correspondentes aos sedimentos finos de planície de inundação (elemento FF, figura 6a). Entretanto, são registrados elementos preservados em menor quantidade nos depósitos de formas de leito arenosas (elemento SB) e também nos lençóis de areias laminadas (elemento LS), usualmente fósseis mais robustos como hemimandíbulas e crânio. A tafocenose é variada tanto taxonomicamente como em representação esquelética (classe tafonômica D, Figura 6a), possuindo baixa densidade espacial e dispersão muito irregular na área. Constitui-se predominantemente de elementos fragmentários, embora a quantidade de fósseis inteiros seja maior nos que estão associados à planície de inundação (elemento FF, Figura 6b). Nesta sucessão, fósseis associados às formas de leito arenosas (elemento SB), principalmente crânio e dentários (classe tafonômica C), apresentam feições mais marcadas de exposição pré-soterramento e abrasão.

Elementos arquitetônicos		Classes tafonômicas	Associações de fácies sedimentares/feições pedogenéticas			
Código	Descrição		associação 1	associação 2	associação 3	associação 4
DA	Barra de acreção a jusante	B, D	St	-	-	-
FF	Planície de inundação	D, E	Fm + Plc	Fm+Plc	Fm+Pnc	Fm+Pnc
SB (CH)	Formas de leito arenosas em canais	C, D	-	St, Sp	Sp+Plc	Sp, Sm
GB (CH)	Formas de leito cascalhosas em canais	-	-	Gmm	-	-
LS	Inundações laminares	C	-	-	Sp	Sp+Plc

Quadro 3: Síntese das associações de fácies e classes tafonômicas relacionadas. As classes tafonômicas (A-E) referem-se ao quadro 2. Códigos de fácies e elementos arquitetônicos, de acordo com Miall (1996). *Gmm*, Cascalho sustentado por matriz; *Sp*, Areia com estratificação cruzada tabular; *St*, Areia com estratificação cruzada acanalada; *Fm*, Lama maciça; *Plc*, Calcretes pedogenéticos laminares; *Pnc*, Calcretes pedogenéticos nodulares.

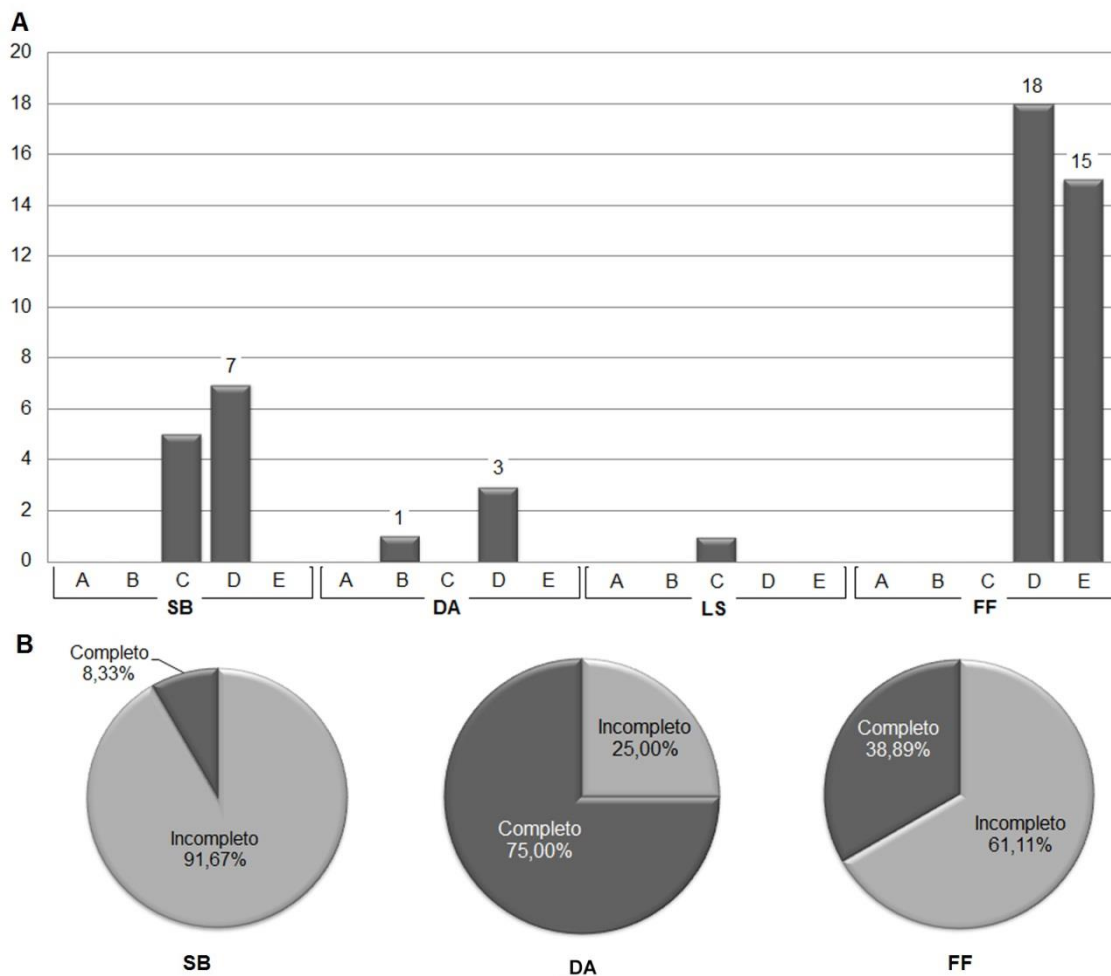


Figura 6: A., Distribuição, de acordo com o elemento arquitetônico, de classes tafonômicas de 48 elementos recuperados de todas as quatro associações de facies da área de estudo; B., Porcentagem de graus de fragmentação em três elementos arquitetônicos. Abreviações: SB, formas de leito arenosas; DA, acreção a jusante; LS, inundações laminares; FF, sedimentos finos de transbordamento. As descrições das classes tafonômicas (A-E) referem-se ao quadro 2.

#### **4.2. CARACTERIZAÇÃO TAFONÔMICA DA ASSEMBLEIA FÓSSIL DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA**

Os fósseis de vertebrados da Formação Guabirota encontrados até o momento provêm de único afloramento na região sudoeste da cidade, em área com aproximadamente 83.400 m<sup>2</sup>. Foram examinados 1.185 espécimes em laboratório. Dentre estes, 515 foram identificados como ossos e dentes completos e/ou fragmentados, correspondendo a 43,5% do total (Figura 7), e 670 fragmentos que não puderam ser identificados, correspondendo a 56,5% do total, todos abordados segundo métodos de análise tafonômica descritos anteriormente. Preferiu-se não considerar o número mínimo de indivíduos (MNI) neste estudo devido ao alto grau de fragmentação da assembleia, e também pela elevada representatividade de elementos que poderiam superestimar a abundância relativa de espécies (osteodermos de tatu e dentes de mamíferos e crocodilos).

A assembleia da Formação Guabirota possui caráter poliespecífico, composta por 19 táxons de vertebrados reconhecidos até o momento (Quadro 1). Dentre os restos prevalecem os de mamíferos, com predominância de taxa de tatus (nove formas) e de maneira subordinada, ossos e dentes de crocodilos, tartarugas, peixes, anfíbios anuros e aves. Embora a quantificação da relação de tamanho corpóreo dos táxons tenha sido impossibilitada também pelo grau de fragmentação dos fósseis, observa-se diversidade de espécimes acima e abaixo de 5 kg em peso corporal original. O espectro de idade dos indivíduos ainda carece de informações mais claras, porém um indivíduo juvenil de marsupial (Metatheria) foi reportado no afloramento.

Os espécimes são geralmente encontrados isolados, a maior porcentagem fragmentada, e dispersos, salvo raras exceções em que elementos associados do mesmo indivíduo puderam ser recuperados, como descrito no item 4.1.1. Partes relacionadas ao esqueleto pós-crânio são mais comuns, com exceção da alta porcentagem de dentes (Figura 7). Osteodermos de tatus e placas de tartarugas são também frequentes na área, seguidos por

vértebras, falanges, elementos do carpo, fragmentos de mandíbulas e crânio, tarsais e metapodiais. Apenas um crânio completo foi registrado no sítio.

Elementos mais completos são, no geral, relacionados a ossos mais compactos e/ou de menor tamanho tais como falanges e elementos do carpo e, por vezes, centros vertebrais.

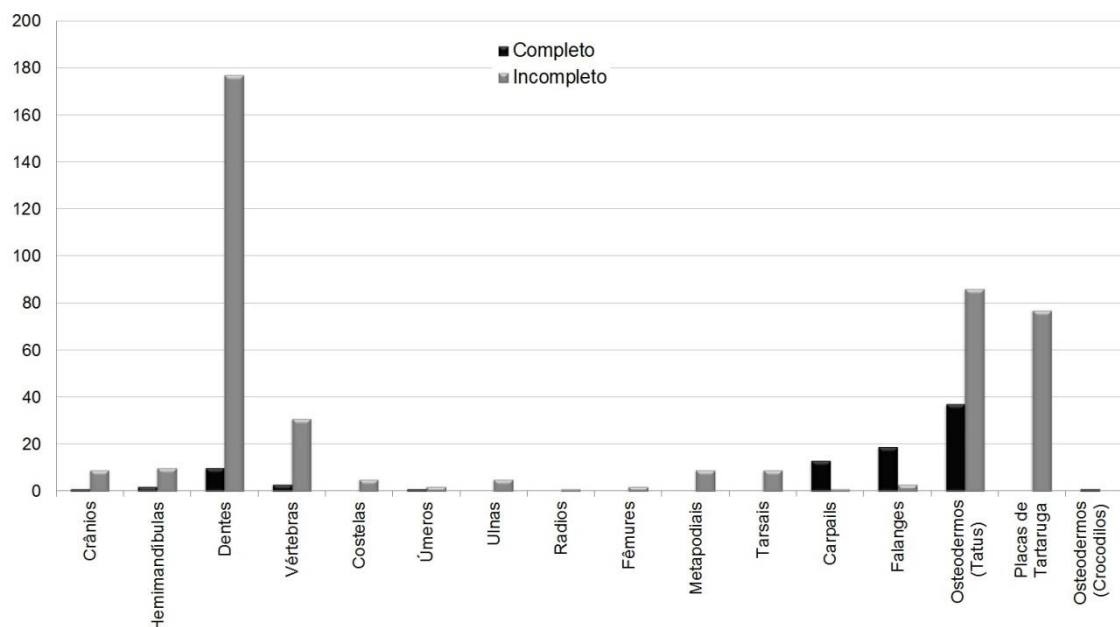


Figura 7: Distribuição de elementos anatômicos e respectivo grau de fragmentação.

As bordas das quebras nos ossos fragmentados possuem características variadas, algumas se mostrando pontiagudas e de aspecto limpo, podendo ter sido originadas por retrabalhamento recente no afloramento ou até mesmo manuseio em campo ou laboratório, embora esta seja uma causa de fraturas em uma minoria de casos. Outros elementos apresentam preenchimento de cavidades ou mesmo fraturas com cimento carbonático e, ocasionalmente, com pequenos grãos de sedimentos (Figura 10c), com exceção dos que se preservaram nas fácies lamosas.

Como é possível observar na figura 8a, metade da assembleia total possui abrasão moderada, característica que é mais notável nos ossos muito fragmentados, assim como nos elementos que apresentam abrasão extrema,



dificultando a identificação da peça anatômica. Restos sem evidências de abrasão muitas vezes preservam feições delicadas, como serrilhas microscópicas em dentes de crocodilos, textura original em placas de tartarugas e espinhos neurais de peixes, e ossos com porções de limite sutural bem preservado (Figura 9d-e).

Cerca de 70% dos elementos anatomicamente identificados apresenta estágios mais baixos de intemperismo, visto que a superfície de muitos ossos exibe o periósteo em ótimo estado de conservação (Figura 9a-c). Porém, somando-se à fração fragmentária, percebe-se um aumento na porcentagem de ossos que aparentemente sofreram maior exposição. O aumento na intensidade de meteorização na fração fragmentária pode ser devido à exposição mais recente desses fósseis.



Figura 8: Abundância relativa de A, grau de abrasão; B, estados de intemperismo e C, tipos de fraturas, relativos a todos os fósseis da Formação Guabirotuba.

Os ossos longos apresentam maior frequência de fraturas perpendiculares irregular (cerca de 46%), as quais, segundo Fernández-Jalvo *et al.* (2002), estão geralmente relacionadas a processos que ocorrem durante a etapa bioestratinômica (Figura 9f-i). Estas são ainda mais frequentes que as fraturas perpendiculares lisas (cerca de 7%), que são produzidas em geral após a fossilização. Fraturas longitudinais ao eixo principal do osso (cerca de 33%, figura 9i) são também frequentes nos restos mais fragmentados. Este tipo de fratura teria relação com a contração do tecido ósseo durante a etapa bioestratinômica (ALCALÁ, 1994) e indicaria que esta fração da assembleia teria sido sujeita a um período maior de exposição aérea. A ocorrência de

elementos com preenchimento sedimentar de fraturas seria uma evidência para retrabalhamento tafonômico (Figura 10c), segundo a proposta de Fernández-López (1984), o que indica também que tais fraturas teriam sido produzidas previamente ao soterramento. As fraturas oblíquas (Figura 9h), observadas em cerca de 8 % da assembleia são de origem incerta, porém podem estar relacionadas com ação de predadores ou pisoteio (SHIPMAN *et al.*, 1981), assim como as descamações, observadas em cerca de 2% da assembleia, que estão associadas ao intemperismo.

Marcas de corrosão são observadas com frequência em espécimes, melhor observadas no esmalte dos dentes de ungulados (Figura 10b), mas que ainda carecem de estudo mais aprofundado no que tange a sua origem. Escavações irregulares em ossos e dentes causadas por corrosão são usuais em ossos modernos que estiveram expostos a crescimento algálico ou pastagem de organismos invertebrados em ambientes subaquáticos (BEHRESMEYER, 1991). Tais elementos também estão sujeitos a uma variedade de modificações pré e pós-soterramento por atividade prolongada de insetos (BEHRENSMEYER, 1978), entalhe e corrosão por raízes de plantas e corrosão causada por ácidos orgânicos (ANDREWS, 1990). A corrosão de ossos e dentes por ácidos digestivos em tafocenoses geradas a partir de remanescentes de predação também é uma condição a ser considerada (ANDREWS, 1990; FERNÁNDEZ-JALVO *et al.*, 2016).



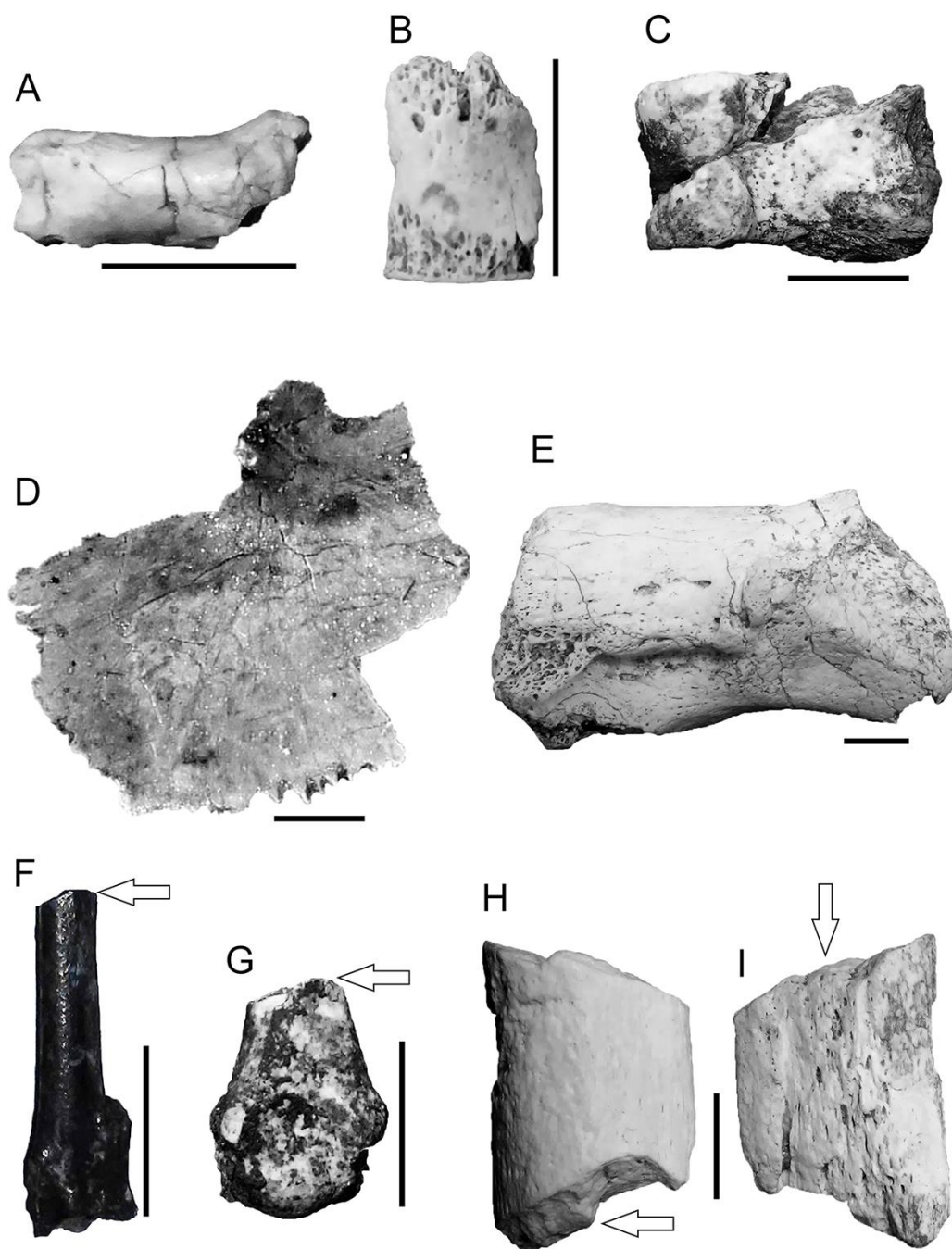


Figura 9: A-C, estado de meteorização: baixo (A, falange representando estados 1 a 2), intermediário (B, metapodial representando estado 3) e alto (C, falange representando estados 4 a 5); D-E, grau de abrasão: baixo (D, fragmento de placa de tartaruga apresentando grau 1), moderado a alto (E, calcâneo representando grau 2 a 3); F-H, tipos de fraturas: F (fragmento de carpometacarpo com fratura perpendicular lisa), G (porção distal de metapodial com fratura perpendicular irregular), H e I (osso longo indeterminando mostrando fraturas oblíqua (H) e longitudinal (I) ao eixo principal, no mesmo espécime. Escala = 1cm.

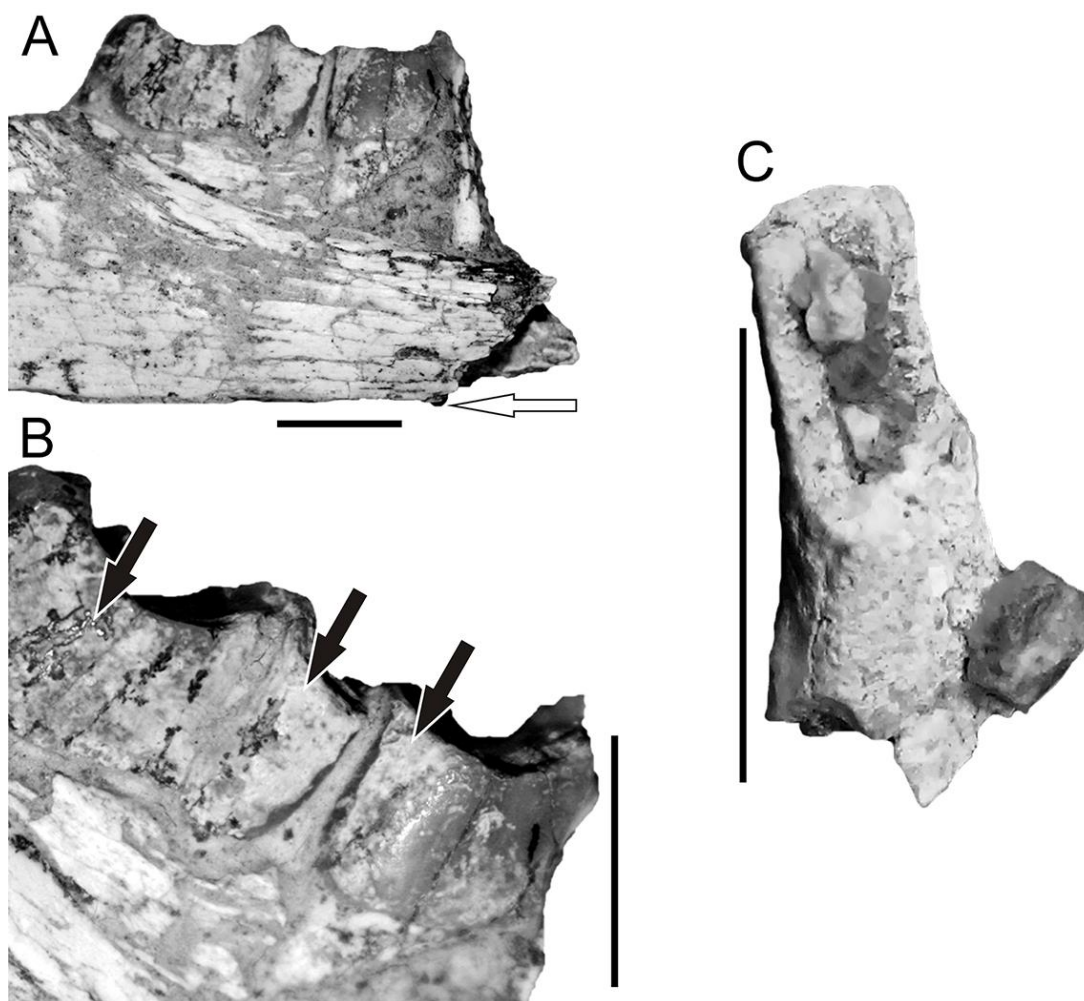


Figura 10: A, fragmento de hemimandíbula mostrando estado intermediário a avançado de meteorização, com perda da base (seta branca) em virtude do avanço das fraturas de exposição; B, dentes de mamífero apresentando corrosão no esmalte (setas pretas); C, osso longo com interior preenchido por sedimentos. Escala = 1 cm.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. PALEOAMBIENTE, EVOLUÇÃO DA PAISAGEM E ORIGEM DA TAFOCENOSE

Duas fases distintas são reconhecidas, relacionadas ao contexto deposicional da assembleia fóssil da Formação Guabirotuba, e que são representadas por duas grandes associações de fácies.

A história *post-mortem*/pré-soterramento da assembleia fóssil da Formação Guabirotuba é descrita a seguir por modos tafonômicos (*taphonomic modes*) associados às distintas associações de fácies, que permitem compreender os processos físicos e biológicos que levaram à preservação destes fósseis.

#### 5.1.1. Fase 1 – Planície de rios entrelaçados

A primeira fase é definida pelo conjunto das associações de fácies 1 e 2, que são compostas predominantemente por elementos arquitetônicos de barras cascalhosas (elemento GB) e arenosas (elemento SB), além de barras arenosas com migração a jusante (elemento DA) (Figura 5). Tais depósitos são correlatos aos da associação de fácies E de Lima *et al.* (2013), e estariam relacionados a planícies de rios rasos entrelaçados (RUST e KOSTER, 1984), com canais pouco confinados. Formas de leito arenosas em canais menores (elemento SB) sucedem o topo dos corpos cascalhosos (elemento GB), indicando diminuição do fluxo ou energia de escoamento. Segundo Miall (1996), em períodos de menor vazão os canais maiores poderiam ser abandonados e depositar cunhas de areia, formando barras arenosas menores. Os fluxos nestes canais eram provavelmente alimentados por nascentes

situadas em terrenos do Complexo Atuba, áreas-fonte situadas a oeste da bacia.

A ocorrência de rizólitos nas lamias de planície de inundação possibilita inferir condições paleoclimáticas como o regime pluviométrico, ocorrência de processos pedológicos tais como o índice de umidade e grau de hidromorfismo, além da posição do nível freático (COHEN, 1982; KRAUS e HASIOTIS, 2006). Nesta associação de fácies, os rizólitos são relativamente frequentes, usualmente nas lamias da base, e apresentam formas e dimensões variadas, desde longas estruturas verticais e sem ramificações (Figura 11a) a feições menores, com bifurcações ou mudanças na angulação do eixo principal. Sant'Anna (1999) já havia reportado a ocorrência de rizólitos bem desenvolvidos e profundos na Formação Guabirota, vinculando a gênese destas estruturas a processos de evapotranspiração. A variação no comprimento dos rizólitos pode ter relação tanto com o regime de chuvas como com as características de drenagem dos solos (COHEN, 1982; KAHMANN e DRIESE, 2008). Raízes que alcançam maiores profundidades são observadas em perfis de paleossolos bem drenados, enquanto que as mais rasas estão presentes nos perfis pobremente drenados. A ocorrência das duas classes em um mesmo ambiente, entretanto, pode ser indicativa ainda de sazonalidade marcante na precipitação (RETALLACK, 2001).

O limite superior deste intervalo é marcado por um perfil espesso com sucessão de horizontes carbonáticos de tramas de raízes (Figura 11b). Em climas áridos, plantas com acesso contínuo a águas superficiais desenvolvem raízes rasas e frequentemente em sistemas de esteiras (COHEN, 1982), enquanto que plantas que crescem acima de fontes de águas subsuperficiais tendem a possuir raízes mais profundas. A existência destas estruturas indica que o ambiente evoluiu para condições de águas superficiais em planície de inundação, com balanço sedimentar propício para o desenvolvimento, ainda que incipiente, de um horizonte que pode ter suportado a ocorrência de alguma vegetação.



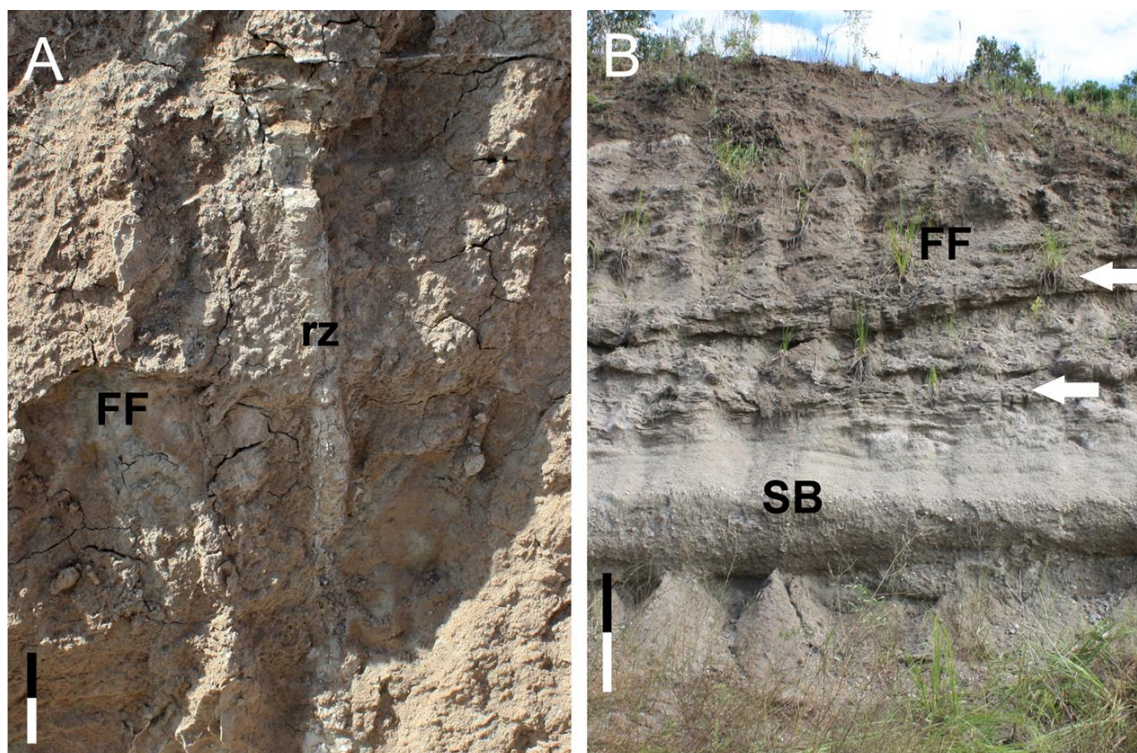


Figura 11: A, rizólitos com 50 cm de comprimento (exposto) e 5 cm de diâmetro em lamelas de planície de inundação. Escala = 10 cm; B, horizontes carbonáticos de tramas de raízes (setas brancas), acima de depósito de forma de leito arenosa. Escala = 1 m. Legenda: rz, rizólito; FF, depósitos de planície de inundação; SB, depósitos de formas de leito arenosas em grande canal.

Neste intervalo são reconhecidos dois modos tafonômicos, um relacionado a formas de leito arenosas em canais maiores (elemento SB) e o outro, a barras de acreção a jusante (elemento DA), que são descritos a seguir.

#### **5.1.1.1. Formas de leito arenosas em canais maiores**

Os fósseis verificados neste contexto correspondem a hemimandíbulas, metapodiais, falanges, fragmentos de ossos dérmicos de tartarugas, osteodermos de tatus e espinhos neurais de peixes, com graus de abrasão e intemperismo variados. Não foi confirmada a ocorrência de restos *in situ* associados às lamelas de planície de inundação nesta associação de fácies.

A origem desta assembleia com equivalências hidráulicas tão distintas pode ser interpretada como acúmulo de restos esqueléticos ao longo do tempo (*acumulações atricionais*) nas planícies de inundação, e que foram incorporadas aos canais nas planícies entrelaçadas nos períodos de alta vazão, ou durante enxurradas. A diferença na equivalência hidráulica dos fósseis encontrados nestas formas, associado ao caráter cíclico de formação do depósito, sugere que os restos esqueléticos foram incorporados ao canal em entradas (*inputs*) sucessivas ao longo do rio. Os ossos menores, que usualmente são encontrados no topo do corpo arenoso, podem ter sido transportados por saltação em curtas distâncias durante cheias esporádicas e os fósseis maiores, encontrados na base (Figura 12), foram incorporados durante a aggradação vertical da barra arenosa. Miall (1996) refere-se a depósitos deste tipo com unidades correspondentes a 1 a 3 m de espessura como correspondentes a depósitos de canais formados por aggradação e abandono progressivo e lento ou em eventos de enchentes únicos. Em ambos os casos, ciclos com granodecrescência ascendente são típicos.

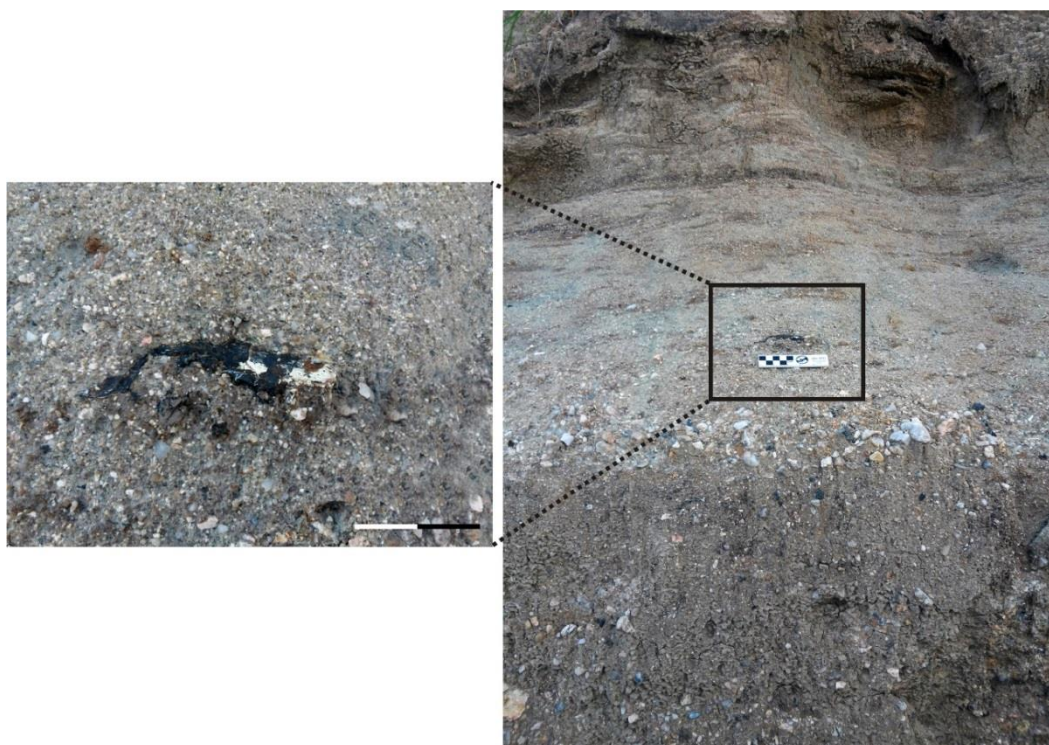


Figura 12: Hemimandíbula de mamífero em depósito de canal, associação de fácies 2. Escala = 5 cm.

A mistura de fósseis com e sem indícios de abrasão pode ser um indício de evidência de retrabalhamento e mistura temporal, visto que esta característica é um indicador de intensidade e/ou tempo de interação do bioclasto com os sedimentos e, não necessariamente, da distância de transporte (BEHRENSMEYER, 1991).

#### **5.1.1.2. Barra arenosa de acreção a jusante**

Esta via tafonômica refere-se à presença da única ocorrência de esqueleto parcial na área, com osteodermos e esqueleto apendicular parcial associados de um espécime de tatu do gênero *Utaetus*. Além deste espécime, outros elementos ósseos completos associados a aves e ungulados foram registrados neste depósito.

As barras de acreção a jusante possuem um núcleo que “ancora” parte do corpo sedimentar na parte central do canal em que são formadas, agregando sedimentos tanto nos flancos como a montante deste núcleo, ou mediante rápido soterramento de leitos sobrepostos na face que avança a jusante (CANT e WALKER, 1978). Caso as laterais das barras se movam simetricamente, um charco pode ser formado no centro, podendo aprisionar tanto sedimentos em suspensão como matéria orgânica. Devido à natureza dinâmica deste tipo de depósito, a ocorrência de um esqueleto parcial seria improvável, entretanto, o espécime apresentava vários osteodermos e parte do esqueleto apendicular associados. É provável que, neste caso, trate-se de um exemplar autóctone (*sensu* BEHRENSMEYER e HOOK, 1992) que experimentou um rearranjo *in situ*, devido à dinâmica do corpo sedimentar em que foi preservado, porém com soterramento relativamente rápido, mantendo os elementos esqueléticos associados. As quebras verificadas no espécime podem ser decorrentes de compressão litostática.

### 5.1.2. Fase 2 – Sistema de planície fluvial distal

A sucessão de horizontes carbonáticos diminui de frequência em direção ao topo, dando lugar a deposição de espessas camadas de lamas e estratos depositados por fluxos de inundações laminares, cujos canais eram de pequeno porte, denotando um aumento na disponibilidade de água. O acúmulo de nódulos carbonáticos, assim como a recorrência de horizontes de calcrete laminar, decorreu durante esta variação na energia dos agentes de transporte e condições deposicionais. Cunha (2011) atribuiu a sucessão vertical de horizontes de calcretes a uma gênese policíclica, quando os depósitos estiveram sujeitos a oscilações do nível/aquífero freático e intensa evaporação.

Uma planície de inundação distal formou-se então na região, em que o ambiente fluvial foi dominado por processos sedimentares de fluxos pouco canalizados e com baixa energia. As associações de fácies compõem elementos arquitetônicos de planície de inundação (elemento FF) entremeados por canais de pequeno porte (elemento SB) e fluxos laminares arenosos que se espalhavam sobre a planície (elemento LS). Este conjunto de elementos corresponde à associação de fácies D descrita por Lima *et al.* (2013), que associa a ambientes distais de distributários fluviais. A quantidade maior de lamas nestes depósitos está relacionada à predominância dos depósitos de fluxo gravitacional (elemento SG) sobre os de inundações laminares arenosas (elemento LS). Nestes casos, a sedimentação pode ter ocorrido em intervalos menores, resultando em eventos de enchentes, ou por sedimentação lenta contínua de finos em suspensão em pântanos permanentes e lagoas (MIALL, 1996).

Como proposto por Fisher *et al.* (2007), os espalhamentos terminais originavam depósitos de inundações laminares durante estações secas, que se intercalavam com feições pedogenéticas, resultantes dos intervalos entre as inundações. Nesse ambiente de maior estabilidade, porém com influência ainda da umidade de origem freática, foi possível o desenvolvimento de atividade biológica, evidenciada pela ocorrência de icnofósseis resultantes de escavações por organismos invertebrados.



### **5.1.2.1. Depósitos de planície de inundação**

A maior quantidade de fósseis da área está distribuída irregularmente nos níveis de lama de planícies de inundação. São fósseis de tamanhos variados, encontrados quase sempre isolados, e com variação no grau de fragmentação. A predominância de elementos ósseos completos está nas peças menores e mais maciças, tais como carpais, falanges, e osteodermos de tatus (Figura 7), e isto se deve, principalmente, à resistência destes ossos a fragmentação mecânica resultantes de transporte ou pisoteamento.

A ocorrência de ossos de variadas susceptibilidades ao transporte hidráulico em uma mesma fácies, como dentes, hemimandíbulas, osteodermos, ossos apendiculares e vértebras (algumas completas) indica que agentes como água ou vento não foram os únicos responsáveis pelo desenvolvimento desta tafocenose, em particular. Porém a alta concentração de fragmentos e elementos ósseos pequenos sugere que a acumulação pode ter sido remobilizada e redepositada durante períodos de cheias, o que pode ser confirmado pela observação de ossos com fraturas com preenchimento sedimentar (Figura 10c). Elementos expostos na planície de inundação também estão mais suscetíveis à remobilização por agentes biológicos, como necrofagia e pisoteamento, o que pode contribuir também para a fragmentação e dispersão dos restos, entretanto evidências relacionadas a tais agentes necessitam ser investigadas.

Processos pedológicos ocorriam constantemente nesta planície, como evidenciado pela presença dos rizólitos e nódulos carbonáticos. Neste cenário, os restos orgânicos acumulavam gradualmente ao longo do tempo como detritos nas superfícies dos depósitos aluviais, onde se desenvolveram eventos de pedogênese pouco duradouros, e estes eram incorporados ao horizonte A através da sedimentação progressiva e bioturbação. Bown e Kraus (1981) observaram uma preponderância de dentes e mandíbulas em acumulações em paleossolos de Willwood, junto com diversos elementos pós-cranianos pequenos e compactos como centros vertebrais, tarsais e carpais, falanges, astrágalos e calcâneos. Tais elementos estariam mais suscetíveis a resistir à degradação química e física da superfície em solos. A recorrência destes

elementos esqueléticos em planície de inundação (Figura 6a) reforça a reincidência de processos pedológicos sucessivos ao longo da formação deste depósito.

#### **5.1.2.2. Formas de leito arenosas em canais menores**

Este modo tafonômico é equivalente ao apresentado no item 5.1.1.1, entretanto são corpos de menor porte, evidenciando redução na energia do ambiente. Estes depósitos compreendem elementos ósseos classificados como grupo III de Voorhies (1969): mandíbulas incompletas, e crânio completo, correspondendo a depósitos residuais. Fósseis em baixas frequências com altos graus de intemperismo ou abrasão moderada estão preservados em canais menores de composição cascalhosa, além de depósitos de espriamento arenosos. O preenchimento de fraturas por sedimentos e cimento carbonático sugere que estas foram produzidas previamente ao soterramento, provavelmente resultantes da propagação de rachaduras resultantes de exposição solar.

Behrensmeyer (1982) propôs três modos de acúmulo gradual de ossos em um sistema de canais. O primeiro está relacionado ao soterramento inicial dos ossos na planície de inundação e posterior retrabalhamento por erosão, o segundo, pela deposição das carcaças ou ossos originalmente dentro dos canais, e o terceiro, no qual os ossos são transportados na planície de inundação até o canal. O primeiro modo parece ser o mais provável para o caso em questão, devido à robustez e densidade dos elementos ósseos encontrados nestes depósitos e, igualmente, devido à mobilidade dos canais em que estão preservados. Inundações episódicas e a constante avulsão dos canais pouco confinados poderiam retrabalhar os depósitos de planície distal e ossos soterrados ou expostos, e assim incorporá-los aos depósitos. Variados graus de abrasão e intemperismo destes elementos encontrados na Formação Guabirota reforçam a hipótese de predominância de processos de retrabalhamento.

## 6. CONCLUSÕES

A integração de dados sedimentológicos e tafonômicos auxiliou no entendimento da formação e preservação da assembleia fóssil do Paleógeno da Formação Guabirota, Bacia de Curitiba, e o contexto paleoambiental em que a fauna esteve inserida. Com base nos conjuntos de dados, verificou-se que a área experimentou duas fases (Figura 13), de transição gradual, marcadas pela mudança no contexto deposicional e, como resultado, três modos tafonômicos principais puderam ser interpretados: (1) formas de leito arenosas em canais, (2) barra arenosa de acreção a jusante e (3) depósitos de planície de inundação.

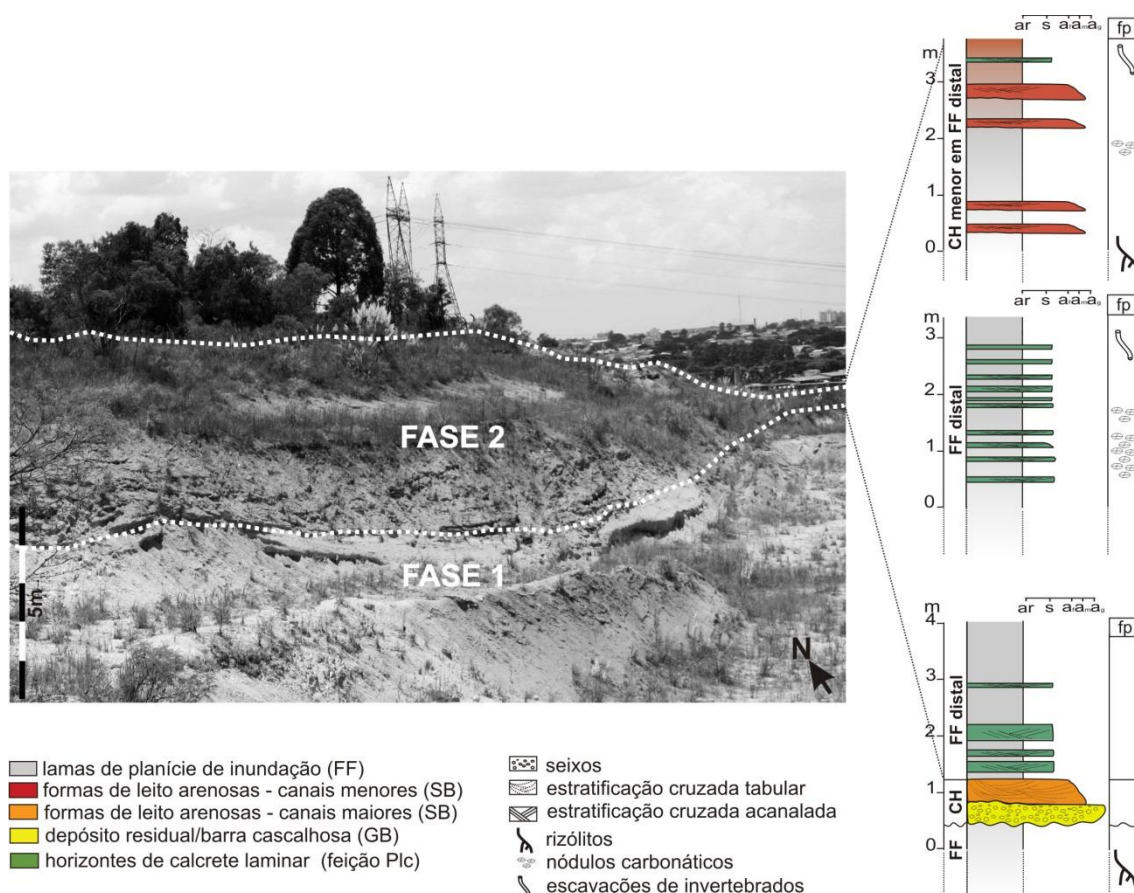


Figura 13: Relação espacial entre associações de fácies definidas na área. Fase 1 está relacionada às associações de fácies 1 e 2, e fase 2, às associações de fácies 3 e 4.

A primeira fase é caracterizada pelo predomínio de rios entrelaçados de alta energia em sistemas de distributários fluviais, em que foram reconhecidos

dois modos tafonômicos que suportaram a preservação de fósseis de vertebrados: (1) formas de leito arenosas em grandes canais e (2) barra arenosa de acreção a jusante. Neste contexto, os fósseis eram incorporados aos grandes canais nas planícies entrelaçadas durante períodos de alta vazão ou em enxurradas. Partes associadas de organismos autóctones preservaram-se em barras estabilizadas, experimentando apenas remobilização *in loco* (Figura 14a).

A segunda fase compreende um sistema de planícies fluviais distais, dominado por rios efêmeros de baixa energia, e que compreende outros dois modos tafonômicos: (1) formas de leito arenosas em canais menores e (3) depósitos de planície de inundação. Neste cenário, enchentes esporádicas e consequente avulsão dos canais promoviam o retrabalhamento da planície e inundações laminares transportavam elementos de menor porte por curtas distâncias para baixios onde se acumulavam. Elementos mais robustos e pesados demais para serem carregados pelos fluxos de baixa energia, como crânios e mandíbulas, permaneciam como depósitos residuais em canais. Processos pedológicos ocorriam constantemente nesta planície e, neste cenário, os restos orgânicos eram acumulados gradualmente ao longo do tempo como detritos nas superfícies dos depósitos aluviais, onde se desenvolveram eventos de pedogênese pouco duradouros, e estes eram incorporados ao horizonte A através da sedimentação progressiva e bioturbação (Figura 14b).

Em todas as vias tafonômicas há evidências de retrabalhamento, devido ao alto grau de fragmentação da assembleia e mistura de fósseis com diferentes graus de abrasão ou intemperismo. Porém tal característica é mais acentuada nos depósitos de sistemas de planícies fluviais distais (fase 2), onde ocorre a maior porcentagem de elementos dispersos e fragmentados.

A fauna Guabirota pode ser classificada como parautóctone, em virtude do ambiente com características de transporte a curtas distâncias, em que os organismos foram transportados, porém sem sair do habitat original.

Devido à presença de fósseis em todos os níveis estratigráficos e mistura de elementos com diferentes graus de preservação, propõe-se que a

fauna local tenha experimentado eventos cíclicos de mortalidade, acumulando-se ao longo do tempo.

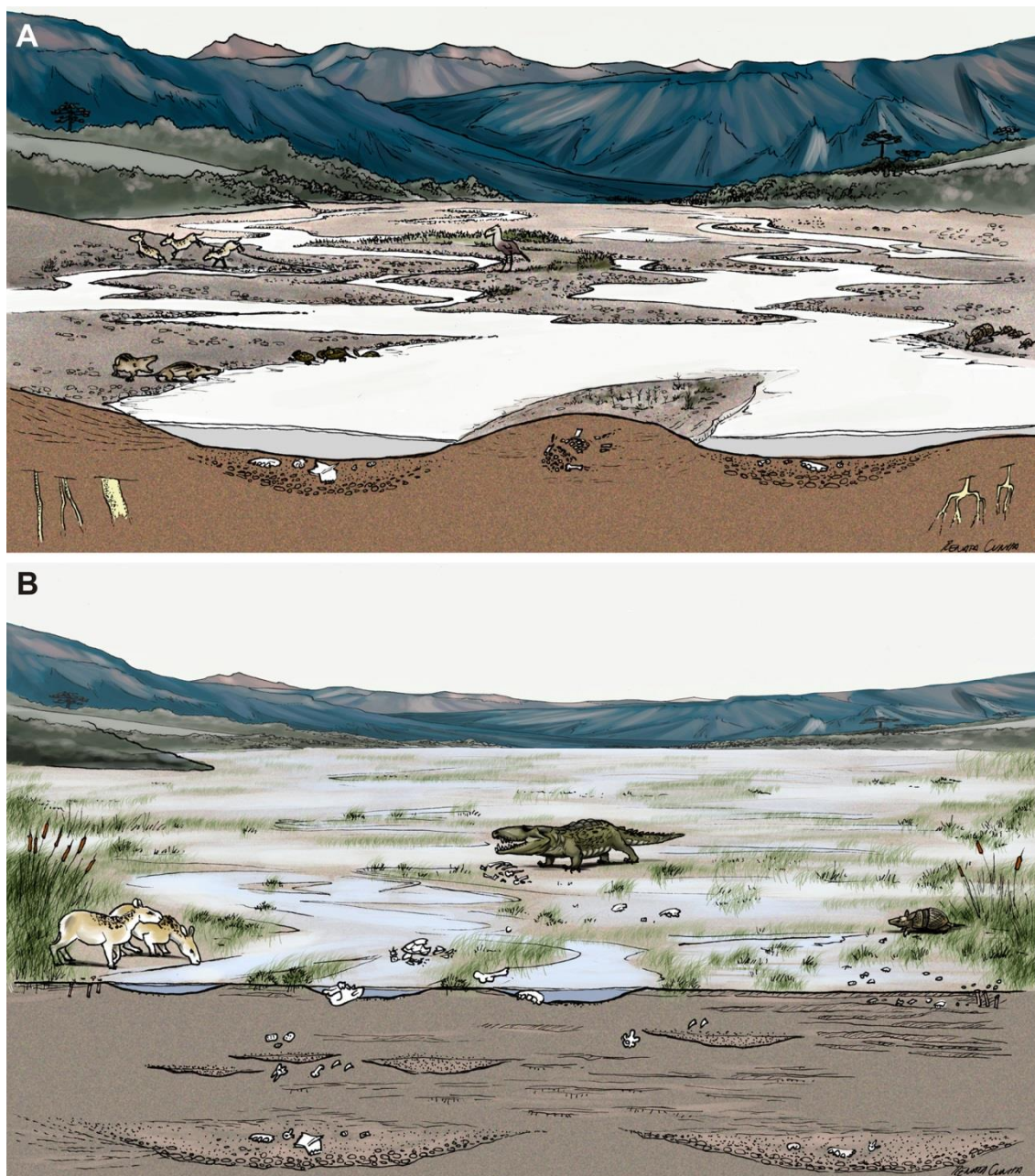


Figura 14: Interpretação paleoambiental da localidade fossilífera da Formação Guabirotuba. A, Fase 1, rios entrelaçados de alta energia em sistemas de distributários fluviais; B, Fase 2, sistema de planícies fluviais distais, dominado por rios efêmeros de baixa energia.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Universidade Federal do Paraná, ao Programa de Pós Graduação em Geologia, CENPALEO-Mafra e ao Museu de Ciências Naturais – MCN-SCB – UFPR, em especial a Fernando Sedor, pela infraestrutura, acesso aos espécimes e levantamentos de campo. À CAPES e ao CNPq (processo 486692/2012-4) pelo apoio financeiro. Ao Dr. Hermínio Ismael de Araújo-Junior e Dr<sup>a</sup>. Cristina Silveira Veja pelas sugestões e revisão do manuscrito, e aos colegas Francisco Tomio Arantes, Orestes Jarentchuk Junior, Morgana Drehfal, Marcel Lacerda e David Dias da Silva pelo apoio nos trabalhos de campo.



## REFERÊNCIAS

ALCALÁ, L. **Macromamíferos neógenos de la fosa de Alfambra - Teruel**. 554 f. Tese (Doutorado em Ciências Geológicas) - Instituto de Estudios Turolenses y Museo Nacional de Ciencias Naturales, Teruel, 1994.

ALMEIDA, E. B. **Aspectos tafonômicos dos fósseis de mamíferos procedentes da “Fenda 1968” da Bacia de São José de Itaboraí, RJ – Paleoceno Superior**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)– Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2005.

ALMEIDA, F. F. M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p.15-26, Suplemento, 1976.

ANDREWS, P. **Owls, Caves and Fossils**. Natural History Museum Publications, London, p. 1–231 1990.

AZEVEDO, F. F. Thecamebianas e organófitas na Formação Guabirotuba. In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. **Atas ...** Curitiba, 1981. 2, p. 226-242.

BECKER, R. M. **Distribuição dos sedimentos cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e morfológica regional**. 180 f. Tese (Doutorado em Geociências) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

BEHRENSMEYER, A. K. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. **Paleobiology**, v. 4, p. 150-162, 1978.

BEHRENSMEYER, A. K. Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. **Paleobiology**, v. 8, n. 3, p. 211-227, 1982.

BEHRENSMEYER, A. K. Terrestrial vertebrate accumulations. In: ALLISON, P.A.; BRIGGS, D.E.G. (eds.) **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**, Plenum Press. p. 291-335, 1991.

BERGQVIST, L. P.; ALMEIDA, E. B. Aspectos tafonômicos observados na bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro (Paleoceno Superior). **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 2, p. 133-134, 2001.

BERGQVIST, L. P.; ALMEIDA, E. B.; ARAÚJO-JÚNIOR, H. I. Tafonomia da Assembleia fossilífera de mamíferos da “Fenda 1968”, Bacia de São José de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 14, n. 1, p. 75-86, 2011.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, v. 7, 1962.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R.; AB’SÁBER, A. N. Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 4, p. 71-81, 1961.

BOWN, T.; KRAUS, M. J. Vertebrate fossil-bearing paleosol units (Willwood Formation, Lower Eocene, Northwest Wyoming, U.S.A.): Implications for taphonomy, biostratigraphy, and assemblage analysis. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 34, p. 31-56, 1981.



CANT, D.J.; WALKER, R.G. Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada. **Sedimentology**, v. 25, p. 625-648, 1978.

CLADERA, G.; RUIGOMEZ, E.; ORTIZ JAUREGUIZAR, E.; BOND, M.; LÓPEZ, G.. Tafonomía de la Gran Hondonada (Formación Sarmiento, edad-mamífero Mustersense, Eoceno Medio) Chubut, Argentina. **AMEGHINIANA** (Rev. Asoc. Paleontol. Argent.), v. 41, n. 3, p. 315–330, 2004.

COHEN, A. S. Paleoenvironments of root casts from the Koobi Fora Formation, Kenya. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 52, n. 2, p. 401–414, 1982.

COIMBRA, A. M.; SANT'ANA, L. G.; VALARELLI, J. V. Bacia de Curitiba: estratigrafia e correlações regionais. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 35., 1995, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1995. p.135-137.

CUNHA, P. V. C. **Gênese de calcretes da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, Paraná**. 73 f. Dissertação (Mestrado em Geologia). – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

CUNHA, R. F.; DIAS, E.; SEDOR, F.; FERNANDES, L. A. Taphonomic aspects of vertebrate fossils on Guabirotuba Formation (Curitiba Basin, Paleogene), Paraná, Brazil. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza. 2014. p. 691.

DIAS, E. V.; SEDOR, F. A. New sebecosuchian ziphodont teeth from the Guabirotuba Formation, Curitiba Basin (Paleogene), Southern Brazil. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza. 2014. p. 698.

DIAS, E. V.; OLIVEIRA, E. V.; SILVA, D. D.; SEDOR, F. A. Paleogene Metatheria from the Guabirota Formation, Curitiba Basin, Paraná, Brazil: Taxonomy and fauna correlation. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza. 2014. p. 380.

DOZO, M. T.; SCASSO, R. A.; BOUZA, P. J.; CUITIÑO, J. I. Tafonomía de vertebrados continentales del Sitio La Pastosa (Formación Puerto Madryn, Mioceno Tardío) en península Valdés (Chubut, Argentina). **AMEGHINIANA**, v. 48, n. 4, Suplemento 2011–RESÚMENES. R43.

FERNÁNDEZ-JALVO, Y.; ANDREWS, P.; DENYS, C.; SESÉ, C.; STOETZEL, E.; MARIN-MONFORT, D.; PESQUERO, D. Taphonomy for taxonomists: Implications of predation in small mammal studies. **Quaternary Science Reviews**, v. 139, p. 138-157, 2016.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. Criterios elementales de reelaboración tafonómica en ammonites de la Cordillera Ibérica. **Acta Geológica Hispánica**, v. 19, p. 105-116, 1984.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S.; FERNÁNDEZ-JALVO, Y. The limit between biostratigraphy and fossilization. In: RENZI, M.; PARDO ALONSO, M.; BELINCHON, M.; PEÑALVER, E.; MONTOLYA, P.; MARQUEZ-ALIAGA, A. (eds.), **Current topics on taphonomy and fossilization**. I Congreso Internacional de Tafonomía (Valencia), p. 27-36, 2002.

FISHER, J.; NICHOLS, G.; WALTHAM, D. Unconfined flow deposits in distal sectors of fluvial distributary systems: Examples from the Miocene Luna and Huesca Systems, northern Spain. **Sedimentary Geology**, v. 195, p. 55-73, 2007.

GARCIA, M. J.; LIMA, F. M.; FERNANDES, L. A.; MELO, M. S.; DINO, R.; ANTONIOLI, L.; MENEZES, J. B. Idade e palinologia da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, PR, Brasil. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 2013, Gramado, RS. **Boletim de resumos**, 2013. p. 125.

KAHMANN, J. A.; DRIESE, S. G. Paleopedology and geochemistry of Late Mississippian (Chesterian) Pennington Formation paleosols at Pound Gap, Kentucky, USA: implications for high-frequency climate variations. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 259, p. 357–81, 2008.

KRAUS, M. J.; HASIOTIS, S. T. Significance of different modes of rhizolith preservation to interpreting paleoenvironmental and paleohydrologic settings: examples from paleogene paleosols, Bighorn Basin, Wyoming, U.S.A.. **Journal of Sedimentary Research**, v. 76, p. 633-646, 2006.

LICCARDO, A.; WEINSCHÜLTZ, L. C. Registro inédito de fósseis de vertebrados na Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 40, n. 3, p. 330-338, 2010.

LIMA, F. M.; FERNANDES, L. A.; MELO, M. S.; GÓES, A. M.; MACHADO, D. A. M. Faciologia e contexto deposicional da Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba (PR). **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, p. 168-184, 2013.

MELO, M. S.; RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M.; COIMBRA, A. M. Geologia e evolução do sistema de Bacias Tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 3, p. 194-199, 1985.

MIALL, A. D. **The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology**. Toronto: Springer Verlag, 1996.

MONTALVO, C. I. Root traces in fossil bones from the Huayquerian (Late Miocene) faunal assemblage of Telén, La Pampa, Argentina. **Acta Geologica Hispanica**, v. 37, n. 1, p. 37-42, 2002.

MONTALVO, C. I. Assemblages of Neogene micromammals from Central Argentina. Case study and actualistic models. **AMEGHINIANA**, v. 48, n. 4, Suplemento 2011–RESÚMENES. R45.

MONTALVO, C. I.; CERDEÑO, E.; ALCALÁ, L. Análisis tafonómico de los macromamíferos del Mioceno superior de Caleufú (La Pampa, Argentina). **Geogaceta**, v. 38, p.115-118, 2005.

MONTALVO, C. I.; MELCHOR, R. N.; VISCONTI, G.; CERDEÑO, E. Vertebrate taphonomy in loess-palaeosol deposits: A case study from the late Miocene of central Argentina, **Geobios**, v. 41, n. 1, p. 133-143, 2008.

MONTALVO, C. I.; TOMASSINI, R. L.; SOSTILLO, R. Leftover prey remains: a new taphonomic mode from the late Miocene Cerro Azul Formation of Central Argentina. **Lethaia**, DOI: 10.1111/let.12140, 2015.

NICHOLS, G. J.; FISHER, J. A. Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. **Journal of Sedimentary Geology**, v.195, p. 75-90, 2007.

RETALLACK, G. J. **Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology**. Oxford, UK: Blackwell Sci, 2001.

RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito-Neves, B. B. (Ed.). **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.

ROGERIO, D. W.; DIAS, E. V.; SEDOR, F. A.; WEINSCHÜLTZ, L. C.; MOURO, L. D.; WAICHEL, B. L. Primeira ocorrência de Pleurodira (Testudines) para a Formação Guabirota, Bacia de Curitiba, Paraná, Brasil. **Gaea - Journal of Geoscience**, vol. 8, n. 2, p. 42-46, 2012.

RUST B. R.; KOSTER E. H. Coarse Alluvial Deposits. In: Walker R. G. **Facies Models**. Toronto, Geological Association of Canada, p. 53-69, 1984.

SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R.; EBERT, H. D. Contribuição à Geologia da bacia sedimentar de Curitiba (PR). **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 47, p. 123-142, 1999.

SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; BORGES, M. S.; HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; SALAMUNI, R. Tectonics and sedimentation in the Curitiba Basin, south of Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 15, p. 901-910, 2003.

SANT'ANNA, L. G. **Geologia, mineralogia e gênese das esmectitas dos depósitos paleogênicos do rift continental do sudeste do Brasil**. 293 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SEDOR, F. A.; DIAS, E. V.; CUNHA, R. F.; ALVARENGA, H. Paleogene phorusrhacid bird (Aves, Phorusrhacidae) from the Guabirota Formation, Curitiba Basin, Paraná, South of Brazil. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014a. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza, 2014a, p.807.

SEDOR, F. A.; OLIVEIRA, E. V.; SILVA, D. D.; FERNANDES, L. A.; CUNHA, R. F.; RIBEIRO, A. M.; DIAS, E. V. A new South American Paleogene fauna, Guabirota Formation (Curitiba, Paraná State, South of Brazil). In: International Palaeontological Congress, 4, 2014b. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza, 2014b. p. 614.

SEDOR, F.A; OLIVEIRA, E.V.; SILVA, D.D.; FERNANDES, L.A.; CUNHA, R.F.; RIBEIRO, A.M.; DIAS, E.V. A new South American Paleogene land mammal fauna, Guabirota Formation (South of Brazil), **Journal of Mammalian Evolution**, (submetido).

SILVA, D. D.; OLIVEIRA, E. V.; SEDOR, F. A. Paleogene Cingulata from the Guabirota Formation, Curitiba Basin, Paraná, Brazil: Taxonomy and biochronology. In: International Palaeontological Congress, 4, 2014a. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza, 2014a. p. 379.

SILVA, D. D.; RIBEIRO, A. M.; DIAS, E. V.; SEDOR, F. A. Paleogene notoungulates from Guabirota Formation, Curitiba Basin, Paraná State (South Brazil). In: International Palaeontological Congress, 4, 2014b. **Abstract...**, Mendoza, Argentina: IPA, CONICET Mendoza, 2014b. p. 197.

SHIPMAN, P. **Life History of a Fossil: an introduction to taphonomy and paleoecology**. Cambridge, Harvard University Press, 1981.

SHIPMAN, P.; BOSLER, W.; DAVIS, K. L. Butchering of giant geladas at an Acheulian site. **Current Anthropology**, v. 46, p. 77-86, 1981.

SMITH, R. M. H. Vertebrate taphonomy of Late Permian floodplain deposits in the Southwestern Karoo Basin of South Africa. **Palaios**, v.8, p. 45-67, 1993.

TOMASSINI, R. L.; MONTALVO, C. I. Taphonomic modes on fluvial deposits of the Monte Hermoso Formation (early Pliocene), Buenos Aires province, Argentina. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 369, p. 282-294, 2013.

VERZI, D. H.; MONTALVO, C. I.; DESCHAMPS, C. M. Biostratigraphy and biochronology of the Late Miocene of central Argentina: Evidence from rodents and taphonomy. **Geobios**, v. 41, n. 1, p. 145-155, 2008.

VOORHIES, M. R. Taphonomy and populations dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska. **Contributions to Geology**, v. 1, p. 1-69, 1969.

WOODBURNE, O. M.; GOIN, F. J.; BOND, M.; CARLINI, A. A.; GELFO, J. N.; LÓPEZ, G. M.; IGLESIAS, A.; ZIMICS, A. N. Paleogene land mammal faunas of South America; a response to global climatic changes and indigenous floral diversity. **Journal of Mammalian Evolution**, v. 21, n. 1, p. 1-73, 2013.

ZALÁN, P. V.; OLIVEIRA, J. A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração de dados sedimentológicos e tafonômicos auxiliou no entendimento da formação e preservação da assembleia fóssil do Paleógeno da Formação Guabirota, Bacia de Curitiba, e o contexto paleoambiental em que a fauna esteve inserida. Com base nos conjuntos de dados, verificou-se que a área experimentou duas fases, de transição gradual, marcadas pela mudança no contexto deposicional e, como resultado, três modos tafonômicos puderam ser interpretados: (1) formas de leito arenosas em canais, (2) barra arenosa de acreção a jusante e (3) depósitos de planície de inundação.

A primeira fase é caracterizada pelo predomínio de rios entrelaçados de alta energia em sistemas de distributários fluviais, em que foram reconhecidos dois modos tafonômicos que suportaram a preservação de fósseis de vertebrados: (1) formas de leito arenosas em grandes canais e (2) barra arenosa de acreção a jusante. Neste contexto, os fósseis eram incorporados aos grandes canais nas planícies entrelaçadas durante períodos de alta vazão ou em enxurradas. Partes associadas de organismos autóctones preservaram-se em barras estabilizadas, experimentando apenas remobilização *in loco*.

A segunda fase compreende um sistema de planícies fluviais distais, dominado por rios efêmeros de baixa energia, e que compreende outros dois modos tafonômicos: (1) formas de leito arenosas em canais menores e (3) depósitos de planície de inundação. Neste cenário, enchentes esporádicas e consequente avulsão dos canais promoviam o retrabalhamento da planície e inundações laminares transportavam elementos de menor porte por curtas distâncias para baixios onde se acumulavam. Elementos mais robustos e pesados demais para serem carregados pelos fluxos de baixa energia, como crânios e mandíbulas, permaneciam como depósitos residuais em canais. Processos pedológicos ocorriam constantemente nesta planície e, neste cenário, os restos orgânicos eram acumulados gradualmente ao longo do tempo como detritos nas superfícies dos depósitos aluviais, onde se desenvolveram eventos de pedogênese pouco duradouros, e estes eram incorporados ao horizonte A através da sedimentação progressiva e bioturbação.

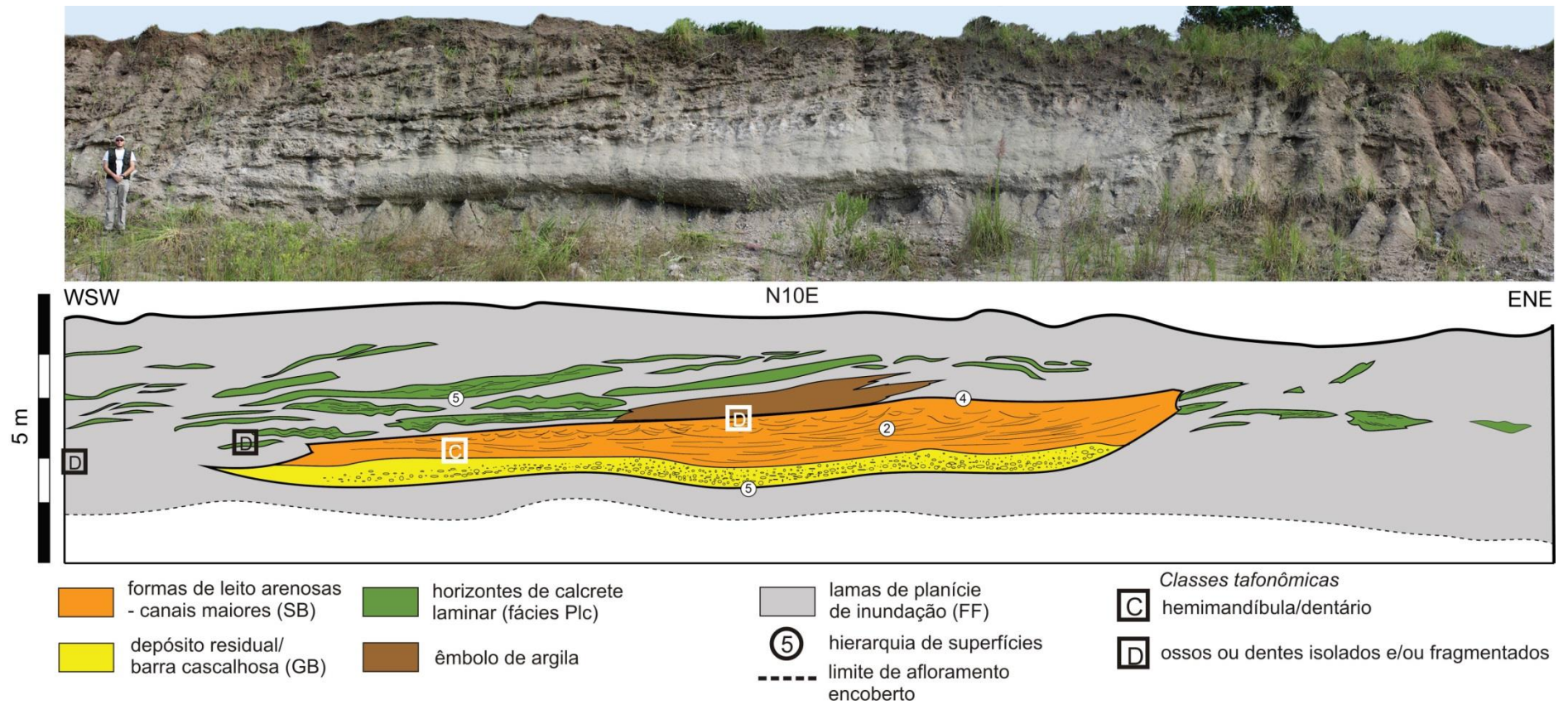


Em todas as vias tafonômicas há evidências de retrabalhamento, devido ao alto grau de fragmentação da assembleia e mistura de fósseis com diferentes graus de abrasão ou intemperismo. Porém tal característica é mais acentuada nos depósitos de sistemas de planícies fluviais distais (fase 2), onde ocorre a maior porcentagem de elementos dispersos e fragmentados.

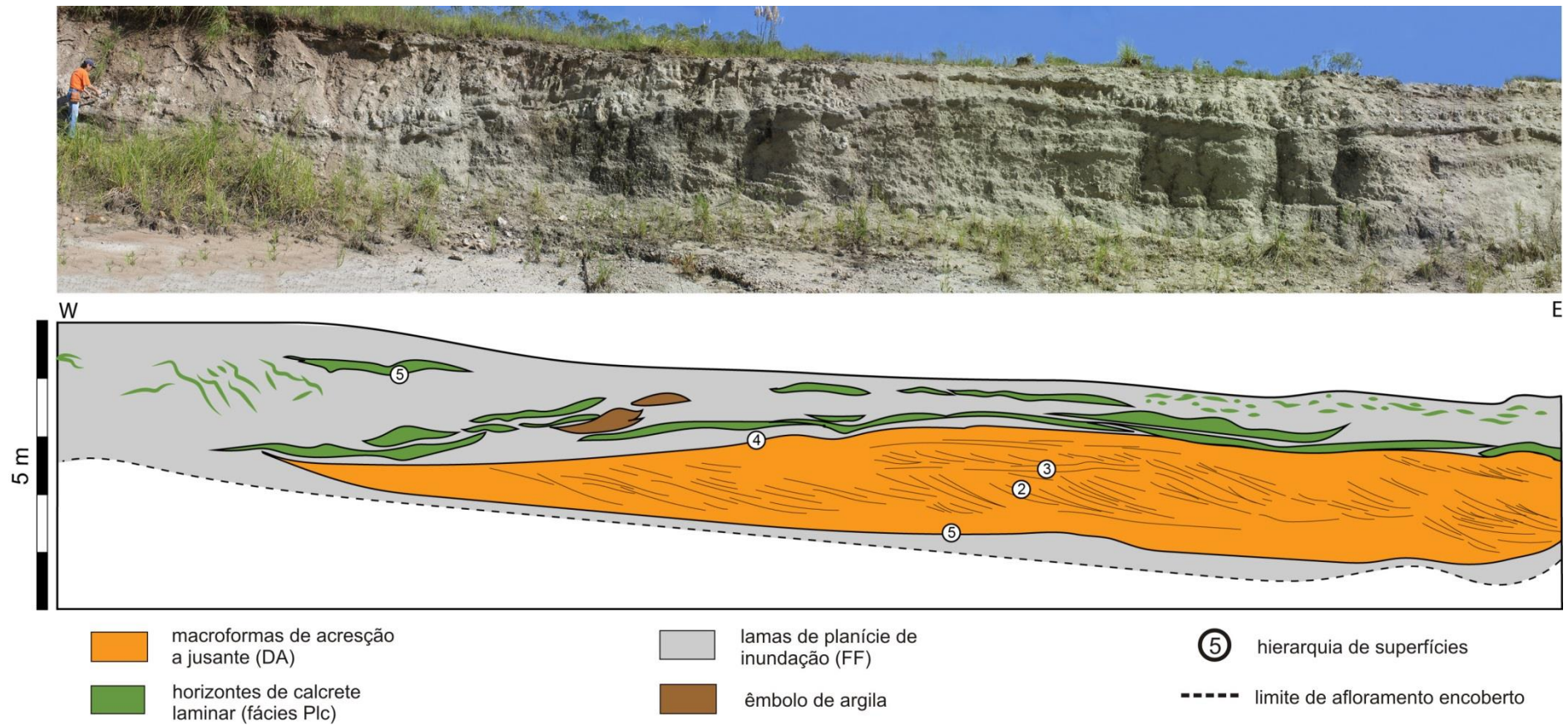
A fauna Guabirota pode ser classificada como parautóctone, em virtude do ambiente com características de transporte a curtas distâncias, em que os organismos foram transportados, porém sem sair do habitat original.

Devido à presença de fósseis em todos os níveis estratigráficos e mistura de elementos com diferentes graus de preservação, propõe-se que a fauna local tenha experimentado eventos cíclicos de mortalidade, acumulando-se ao longo do tempo.

## **ANEXOS**

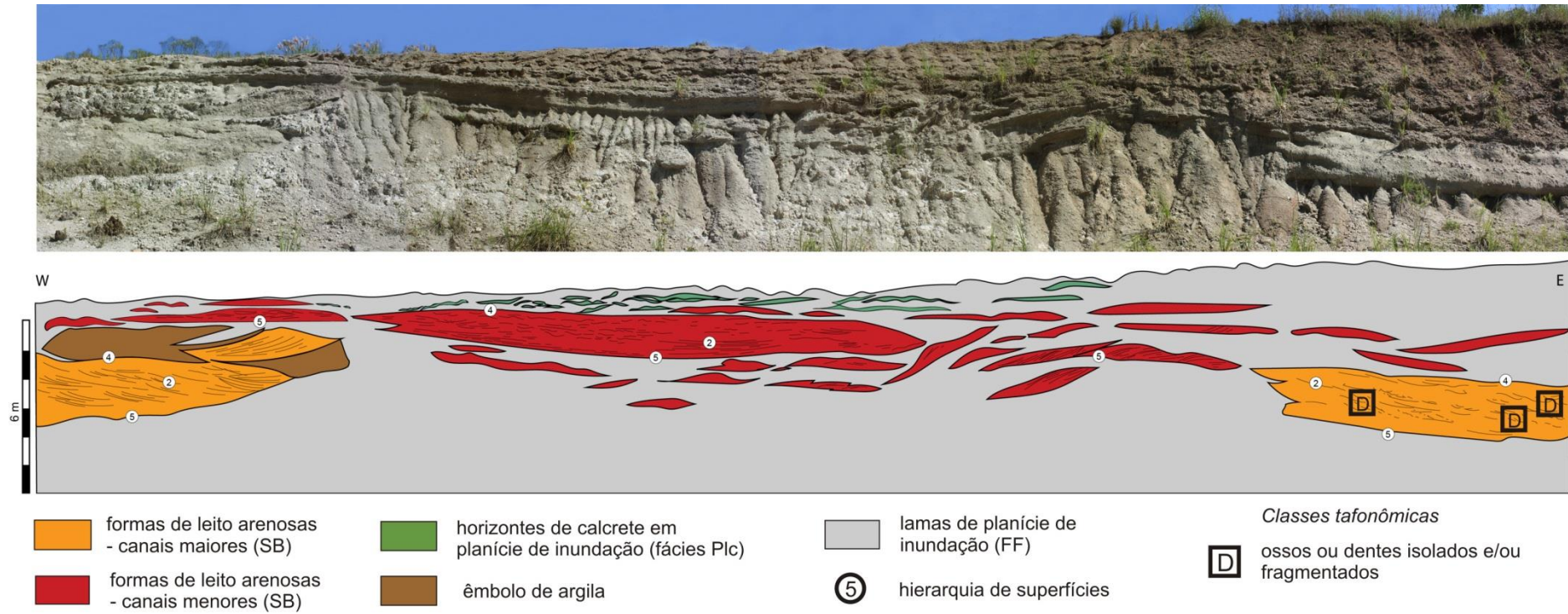


Anexo 1: Fotomosaico e interpretação da seção GB-01 (associação de fácies 2).

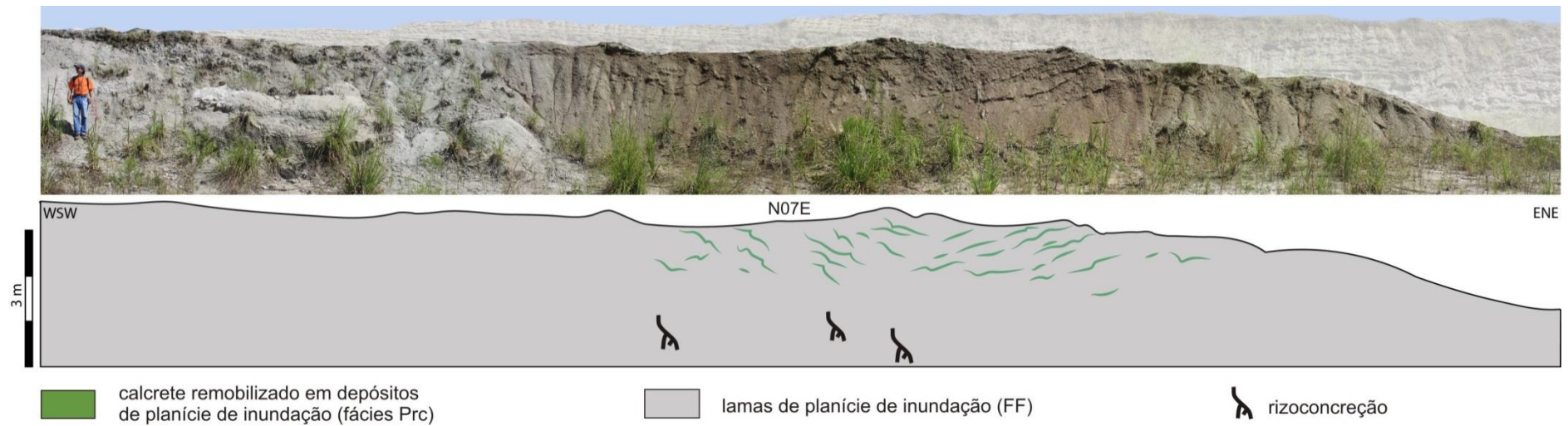


Anexo 2: Fotomosaico e interpretação da seção GB-02a (associação de fácies 2).

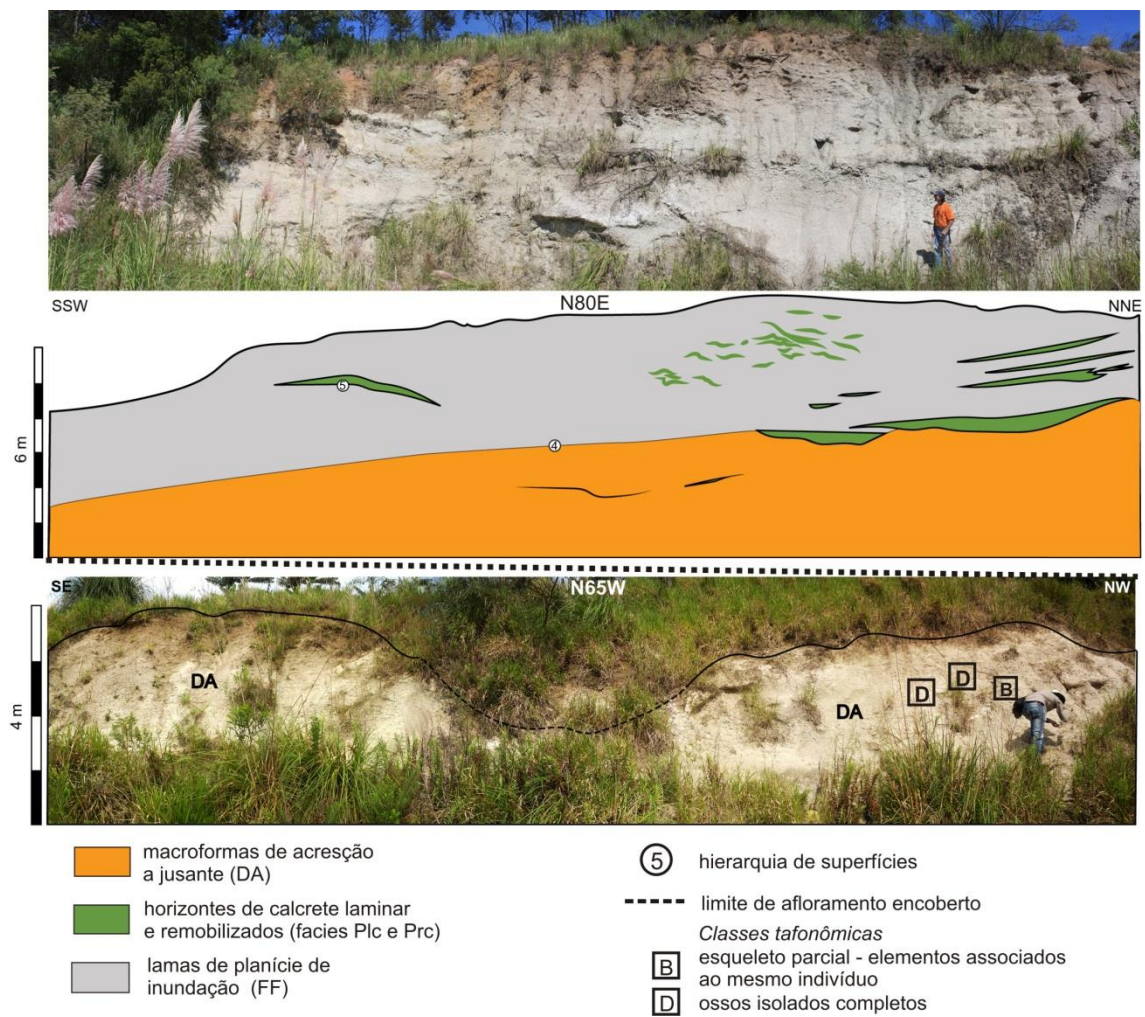




Anexo 3: Fotomosaico e interpretação da seção GB-02b (associação de fácies 2).

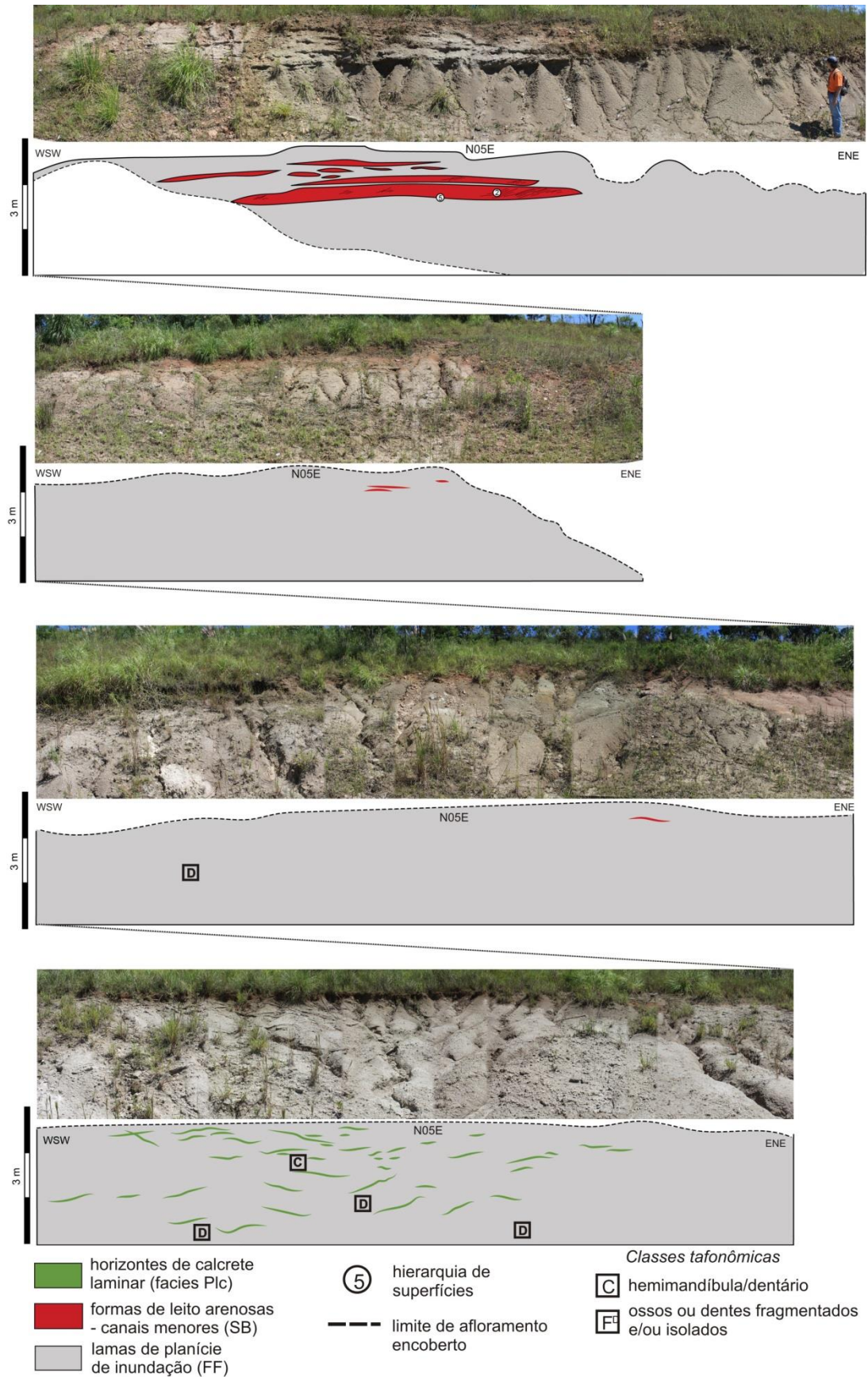


Anexo 4: Fotomosaico e interpretação da seção GB-03 (associação de fácies 2).



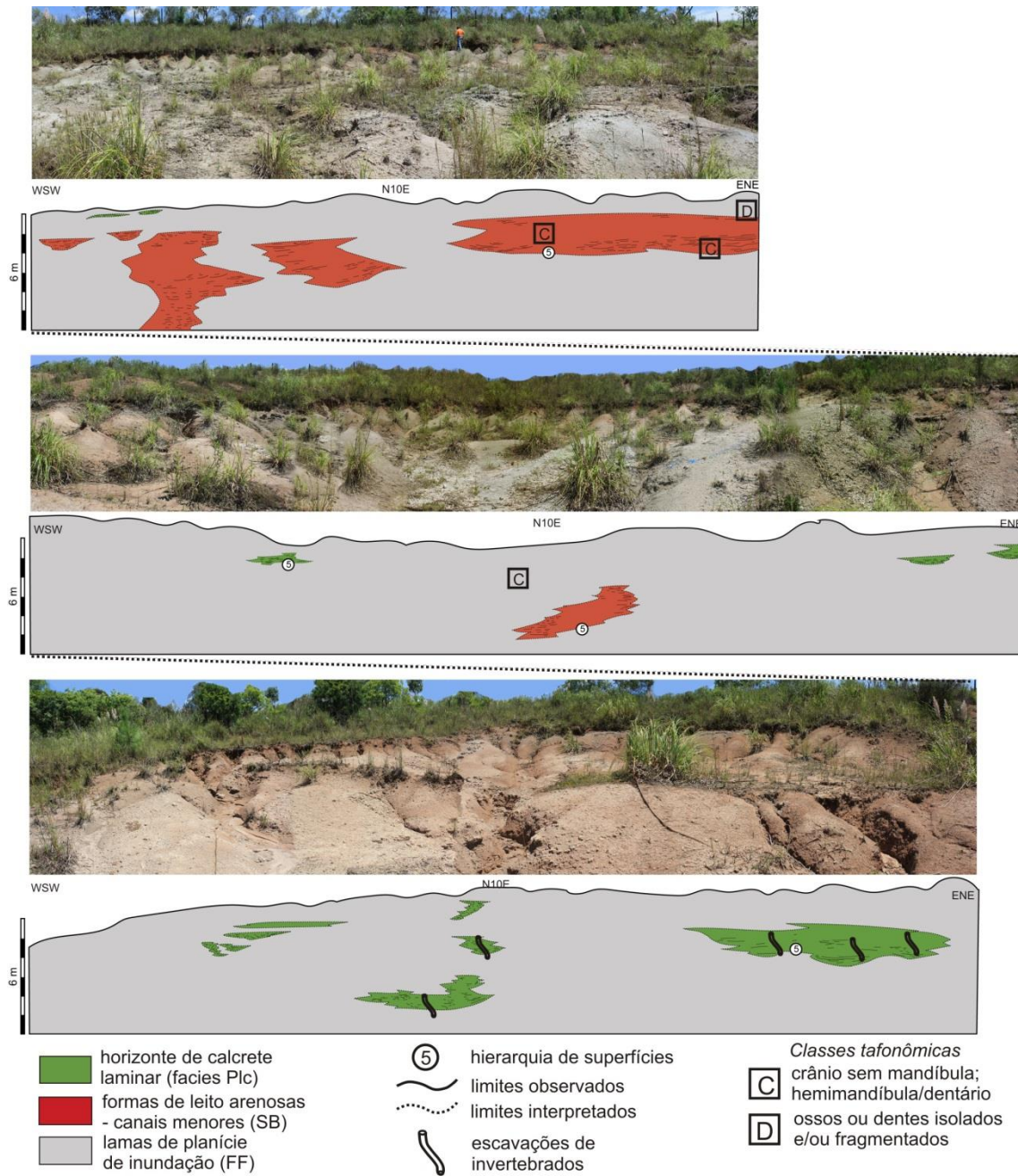
Anexo 5: Fotomosaico e interpretação da seção GB-04 (associação de fácies 1).



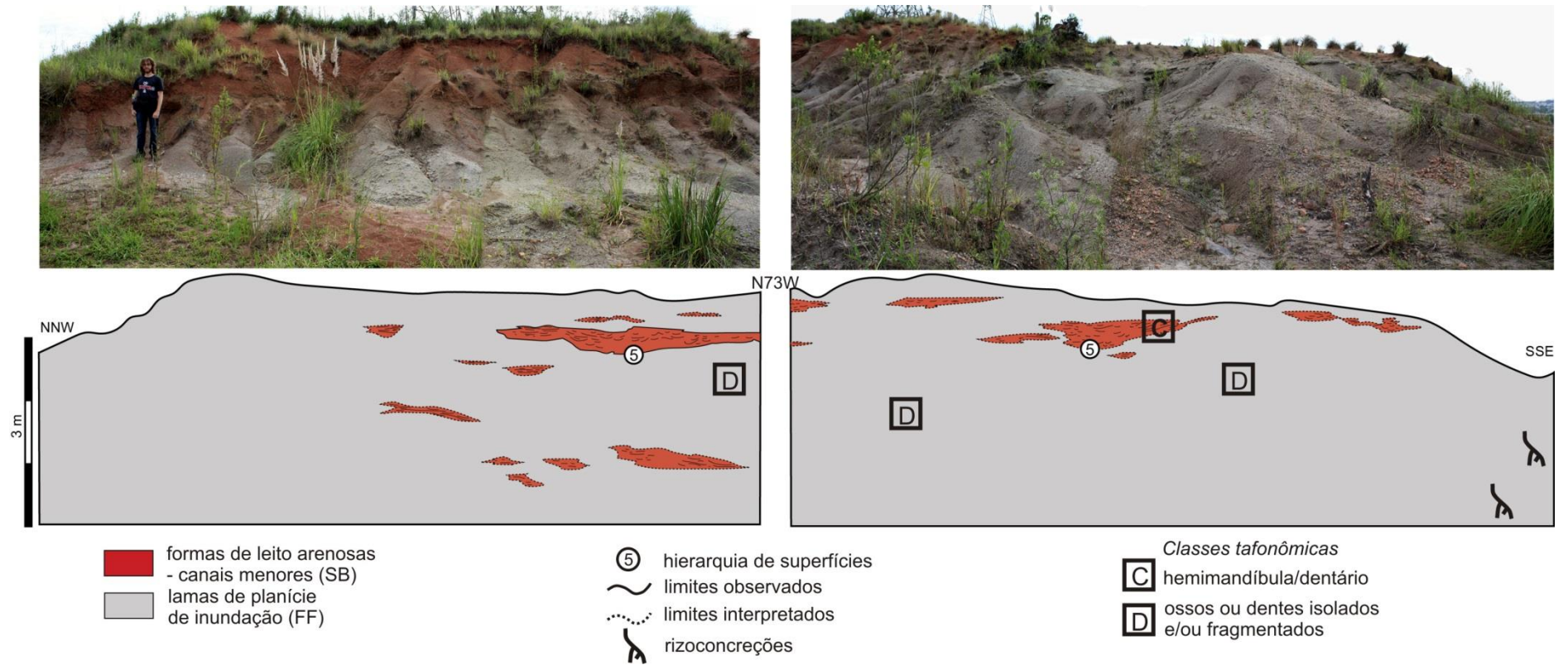


Anexo 6: Fotomosaico e interpretação da seção GB-05a (associação de fácies 4)

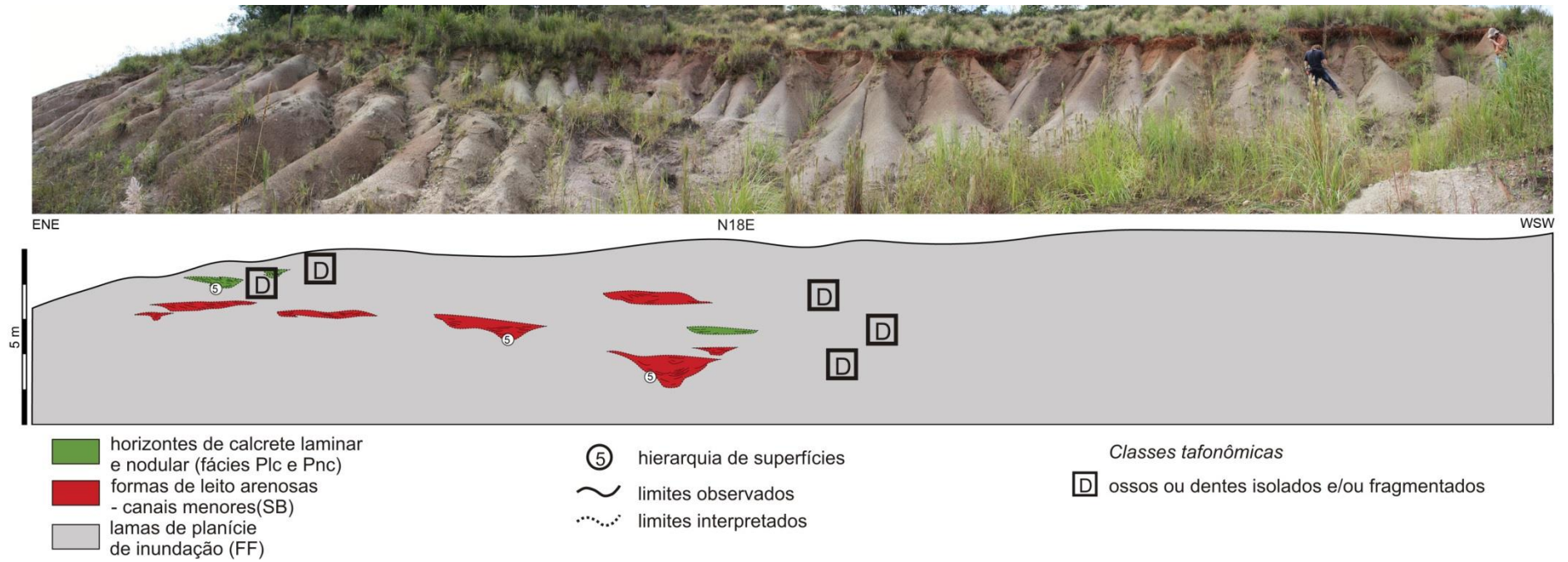




Anexo 7: Fotomosaico e interpretação da seção GB-05b (associação de fácies 4)

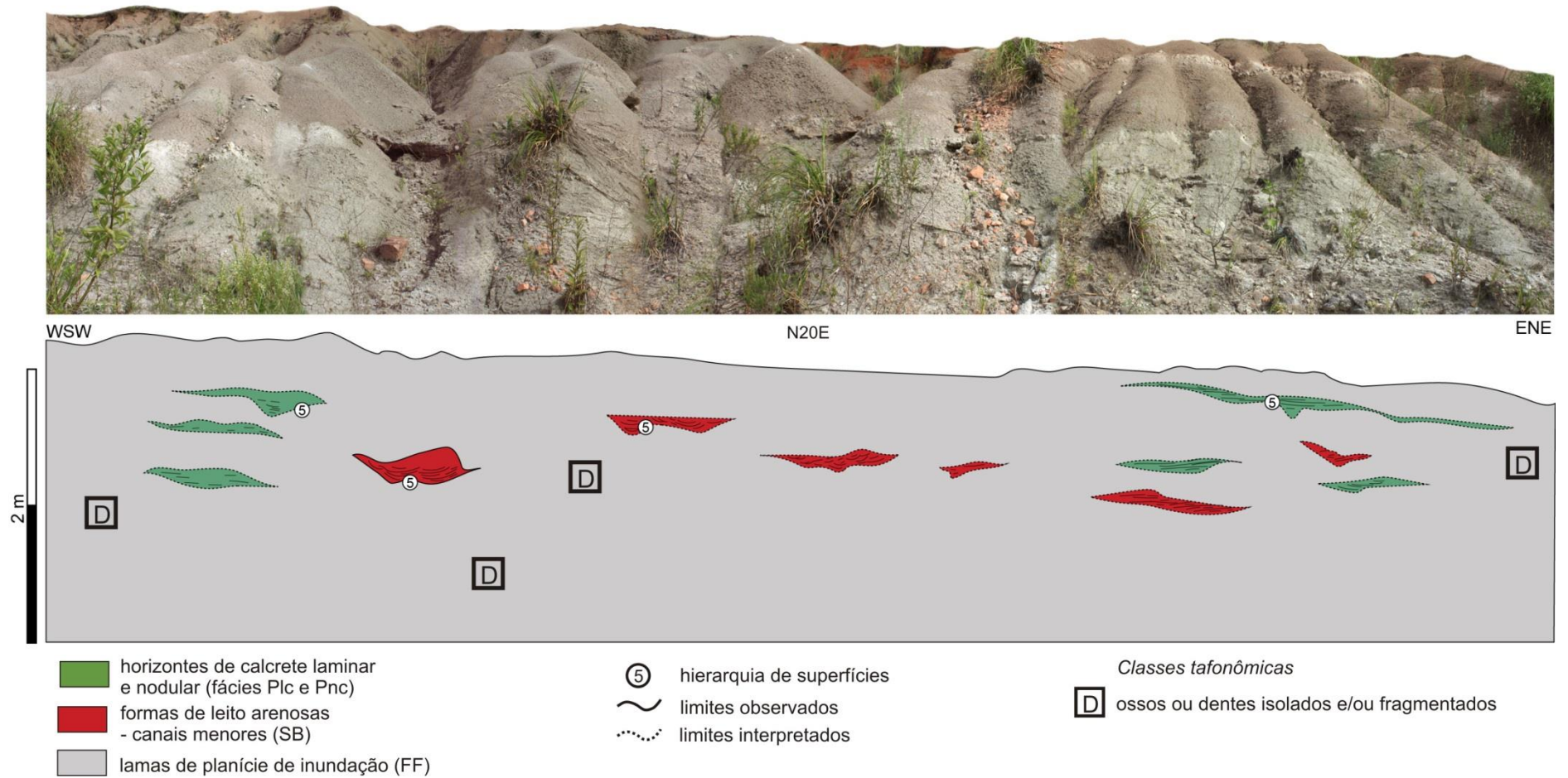


Anexo 8: Fotomosaico e interpretação da seção GB-06a (associação de fácies 4)

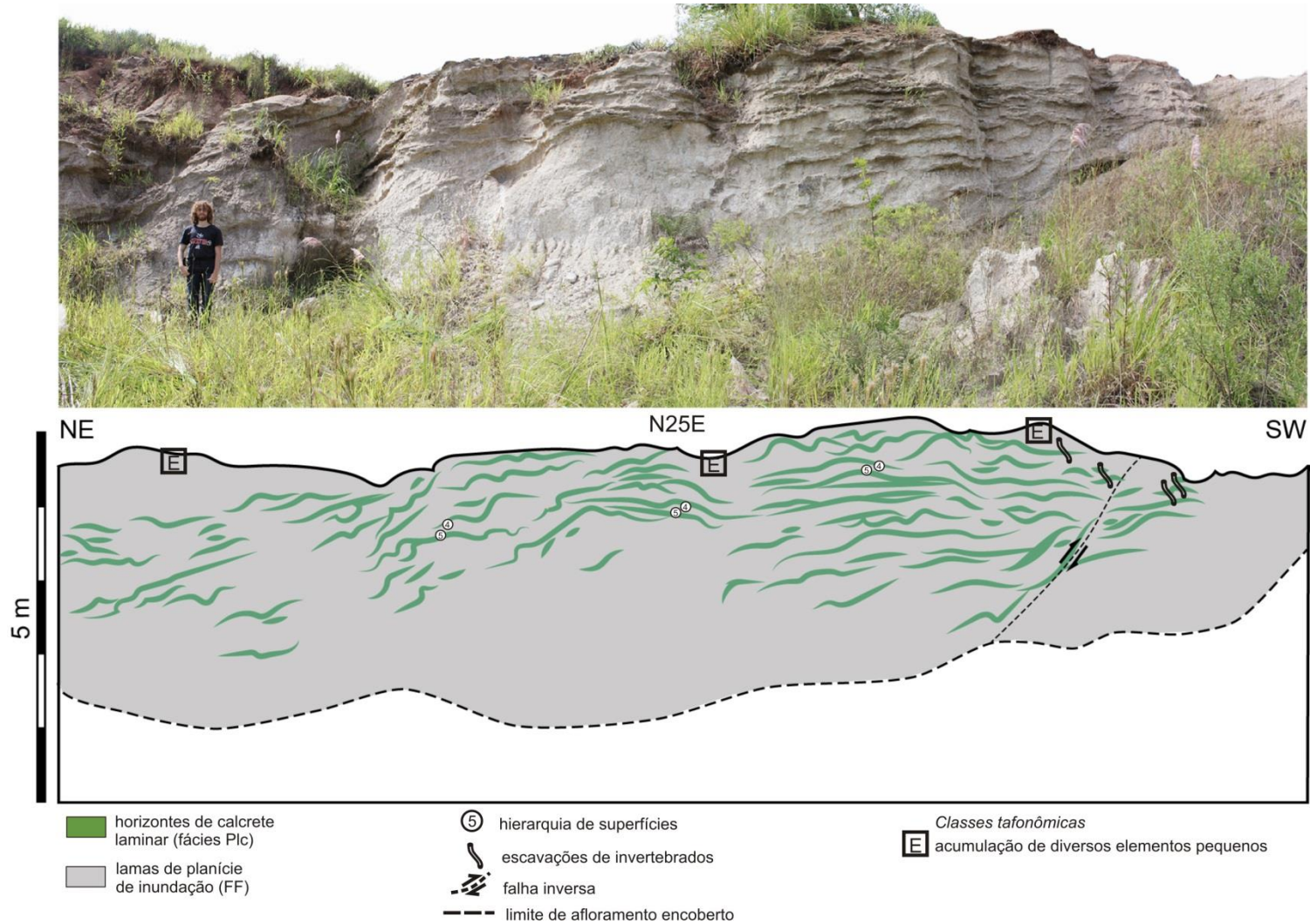


Anexo 9: Fotomosaico e interpretação da seção GB-06b (associação de fácies 4)



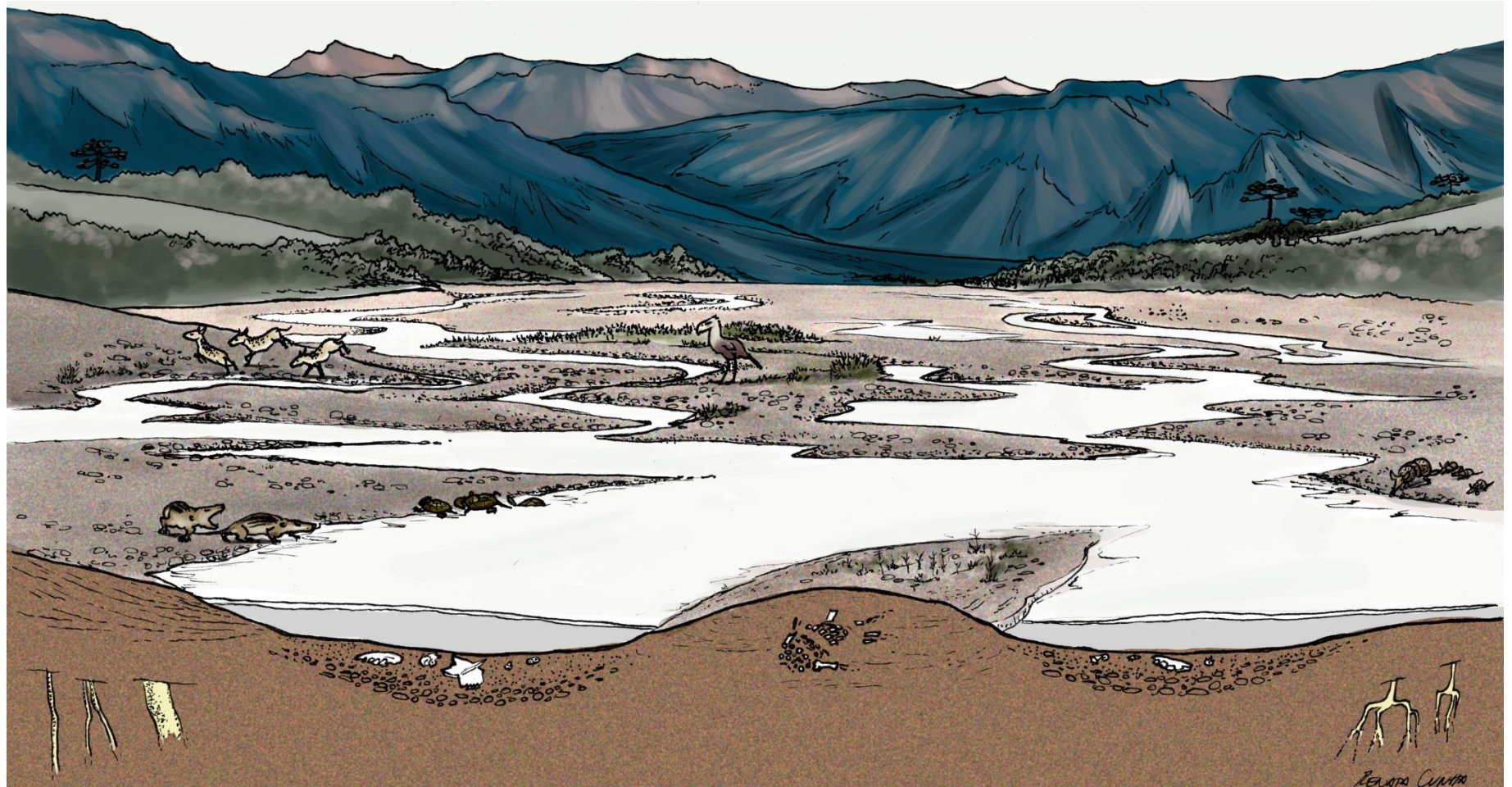


Anexo 10: Fotomosaico e interpretação da seção GB-06c (associação de fácies 4)



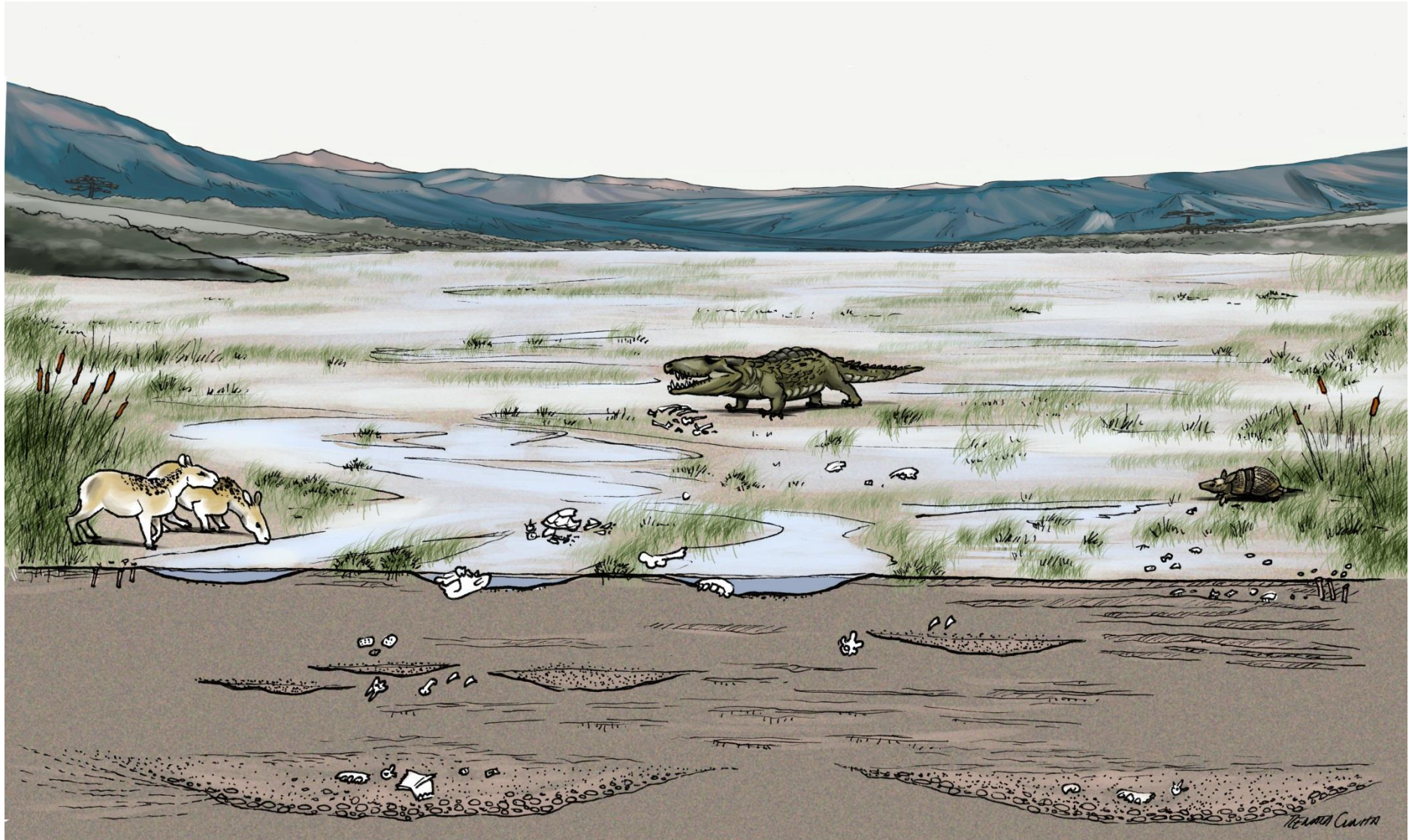
Anexo 11: Fotomosaico e interpretação da seção GB-07 (associação de fácies 3)





Anexo 12: Interpretação paleoambiental da localidade fossilífera da Formação Guabirotuba – Fase 1





Anexo 13: Interpretação paleoambiental da localidade fossilífera da Formação Guabirotuba – Fase 2